

3100096008044

UGAS AKHIR
(OE 1701)

OPTIMASI DIMENSI TANGKI MUAT CAIR AKIBAT RESPON DINAMIS PADA STORAGE BARGE



RSke
623.824 5
Bac
0-1
1996

Disusun oleh :
BACHTIAR

NRP. 4904300211

PROGRAM STUDI TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1996



PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	20-03-96
Terima	H
No. Agen	6110

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

JUDUL : OPTIMASI DIMENSI TANGKI MUAT CAIR AKIBAT
RESPON DINAMIS PADA STORAGE BARGE

Penulis : Bachtiar
Nrp : 4904300211
Fak/Jurusan : FTK / Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. M. Murtedjo, M.Eng
Nip : 130 687 431

Surabaya, 18 Maret 1996

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing



Ir. M. Murtedjo, M.Eng
NIP. 130 687 431



TUGAS AKHIR

ABSTRAK

ABSTRAK

Suatu struktur apung dituntut mempunyai gerakan yang kecil akibat gelombang. Tuntutan demikian dimaksudkan untuk mengurangi gangguan terhadap kelancaran operasi ataupun kenyamanan para pekerja. Sehubungan dengan itu dicari faktor-faktor yang turut mempengaruhi, diantaranya adalah muatan cair. Selanjutnya yang menjadi pertimbangan khusus di sini adalah keberadaan muatan cair pada suatu tangki muat pada storage barge.

Tata letak muatan cair akan berpengaruh terhadap momen inersia, disamping pengaruh lain yaitu efek permukaan bebas yang mana akan mengurangi stabilitas. Untuk mengurangi efek ini biasanya pada tangki diberikan sekat. Namun pemberian sekat ini akan menjadi tidak efektif apabila tidak diperhatikan tata letaknya, untuk itu harus dipilih tata letak sesuai dengan tujuan yang diinginkan dengan kriteria tertentu. Untuk pemilihan yang paling optimum ini digunakan pendekatan optimasi.

Untuk optimasi dimensi tangki muat cair ini digunakan Linear Programming (LP). Untuk linierisasinya digunakan ekspansi Taylor dan penyelesaian dilakukan dengan metode simplek. Kendala yang digunakan dalam proses optimasi adalah ruangan yang tersedia, periode gerakan pitching, dan stabilitas. Sedang fungsi tujuannya adalah memaksimumkan momen inersia untuk gerakan yang ditinjau dalam hal ini adalah pitching dan meminimumkan efek permukaan bebas zat cair.

Dalam optimasi dimensi tangki ini, struktur dianggap sebagai obyek 2 dimensi dimana variabelnya adalah panjang dan lebar sedang tingginya konstan. Tata letak sekaligus menunjukkan dimensi masing-masing tangki disini ditunjukkan dengan pergeseran titik simpul.

Proses optimasi dilakukan dengan menentukan perancangan awal dari tangki yang ada di lapangan dengan ukuran tangki awal, $L = 171,32 \text{ m}$, $B = 40,6 \text{ m}$, $T = 23,5 \text{ m}$. Setelah dioptimasi terdapat perbedaan volume, sehingga ukuran tangki setelah dioptimasi menjadi : $L' = 162,95 \text{ m}$, $B' = 40,6 \text{ m}$, $T = 23,5 \text{ m}$. Volume awal tangki adalah $V = 163455 \text{ m}^3$ dan volume setelah dioptimumkan menjadi $V' = 155470,6$

m^3 . Momen inersia sebelum dioptimumkan adalah $I_{yy} = 3,4e09 \text{ ton-ft-det}^2$ dan setelah dioptimumkan menjadi $I_{yy}' = 7,62e09 \text{ ton-ft-det}^2$. Periode pitching awal $T_\theta = 8,2 \text{ det}$ dan setelah dioptimumkan menjadi $T_\theta' = 8,9 \text{ det}$.

Dengan optimisasi akan didapatkan karakteristik gerakan heaving dan pitching baru, yang secara umum terjadi perbaikan, yaitu periode pitching meningkat dan besarnya heaving dapat diperkecil.



TUGAS AKHIR

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat, hidayah dan karuniannya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi strata I Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Topik optimasi merupakan suatu bagian dari proses perancangan yang menarik dan dapat diaplikasikan di berbagai bidang. Hasil dari studi optimasi dipengaruhi oleh kriteria yang digunakan, sehingga perancangan dengan orientasi kriteria yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda. Oleh karena itu pada kesempatan ini optimasi dipilih sebagai topik pada pembuatan Tugas Akhir.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak sehingga tugas ini dapat terselesaikan. Atas segala bantuan tersebut, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua dan saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan bantuan baik moril maupun materiil hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Ir.M.Murtedjo, M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir dan Dosen Wali yang telah bersedia meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing penulis selama pengerjaan tugas akhir ini.

3. Bapak Ir.Eko Budi Djatmiko M.Sc.,Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kelautan FTK-ITS.
4. Rekan-rekan di Teknik Kelautan yang telah banyak memberikan dorongan semangat dan masukan yang bermanfaat dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Semua karyawan di PS Teknik Kelautan khususnya bagian tata usaha yang telah banyak membantu di bidang administrasi.

Penulis sadari bahwa karya ini tak luput dari kekurangan, dengan keterbatasan kemampuan dan waktu penulis yakin adanya kekurangan baik disadari atau tidak, karena itu kami mengharap kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga karya ini dapat memberikan masukan yang berguna bagi bidang Kelautan khususnya dalam bidang studi optimasi.

Surabaya, Maret 1996

Penulis



TUGAS AKHIR

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

i

KATA PENGANTAR

iii

DAFTAR ISI

v

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	I - 1
1.2. Perumusan Masalah	I - 5
1.3. Batasan Masalah	I - 5
1.4. Tujuan	I - 6
1.5. Metodologi Penulisan	I - 6

BAB II METODE OPTIMASI

2.1. Pendahuluan	II - 1
2.2. Bentuk Umum Perumusan Masalah Optimasi	II - 4
2.2.1. Fungsi Tujuan	II - 5
2.2.2. Perubah Perancangan (<i>Design Variable</i>)	II - 7
2.2.3. Kendala (<i>Constraints</i>)	II - 7
2.3. Pemrograman Linier (PL)	II - 10
2.4. Standar Pemrograman Linier (PL)	II - 11

2.4.1. Kendala Linier	II - 11
2.4.2. Linierisasi Permasalahan Berkendala	II - 12
2.5. Metode Simplek	II - 14
2.5.1. Metode Big-M	II - 16

BAB III DINAMIKA STRUKTUR APUNG

3.1. Sistem Koordinat	III - 2
3.2. Persamaan Gaya Utama	III - 4
3.3. Persamaan Gerakan	III - 7

BAB IV PERUMUSAN MASALAH OPTIMASI

4.1. Pemilihan Perubah Perancangan	IV - 1
4.2. Pemilihan Kendala	IV - 3
4.2.1. kendala ruangan	IV - 3
4.3. Kendala Periode	IV - 5
4.4. Kendala Stabilitas	IV - 6
4.5. Kendala Volume	IV - 8
4.6. Penentuan Fungsi Tujuan	IV - 8

BAB V PROGRAM OPTIMASI

5.1. Pemrograman Linier	V - 1
5.2. Pengujian Program	V - 4

BAB VI ANALISA DAN DISKUSI

6.1. Rancangan Awal	VI - 1
6.2. Studi Kasus	VI - 1
6.3. Linierisasi Permasalahan Non Linier	VI - 5
6.4. Analisa Hasil	VI - 7

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan	VII - 1
7.2. Saran	VII - 2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B



TUGAS AKHIR

BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam membangun suatu struktur bangunan apung seperti *oil storage barge* pada umumnya melalui suatu tahapan yang penting yaitu tahap perancangan. Hasil perancangan ini harus dapat memenuhi kriteria yang diinginkan dengan sumber daya yang tersedia secara optimal. Untuk mendapatkan rancangan yang terbaik, biasanya tidak bisa dilakukan sekali, melainkan melalui proses yang berulang-ulang yang meliputi penentuan dan analisa calon rancangan hingga diperoleh hasil. Pada perancangan konvensional, pengalaman, intuisi, dan keputusan yang dibuat oleh perancang sangat berpengaruh terhadap hasil rancangan. Hal ini berlawanan dengan perancangan dengan metoda optimasi yang lebih berorientasi pada analisa hasil rancangan dan batasan-batasannya. Rancangan didasarkan pada hasil rancangan sebelumnya yang diperbaharui secara sistematis menurut algoritma tertentu. Algoritma perancangan konvensional dan perancangan optimum dapat dilihat masing-masing pada gambar 1.2 dan 1.3.

Suatu industri eksplorasi minyak lepas pantai umumnya dilengkapi dengan fasilitas penyimpanan hasil produksi. Ada beberapa jenis sistem penyimpanan ini,

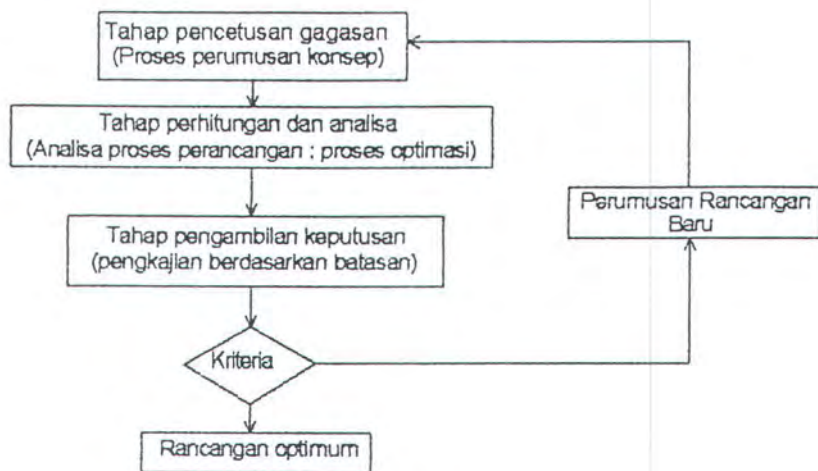
yang mana dapat dibedakan strukturnya yaitu :

1. Struktur tetap (fixed structure)
2. Struktur terapung (floating structure)

Yang menjadi bahasan dalam Tugas Akhir ini adalah struktur apung. Dalam beberapa hal, struktur apung ini menjadi pilihan dengan pertimbangan antara lain : instalasi, operasional, dan perawatan lebih mudah.

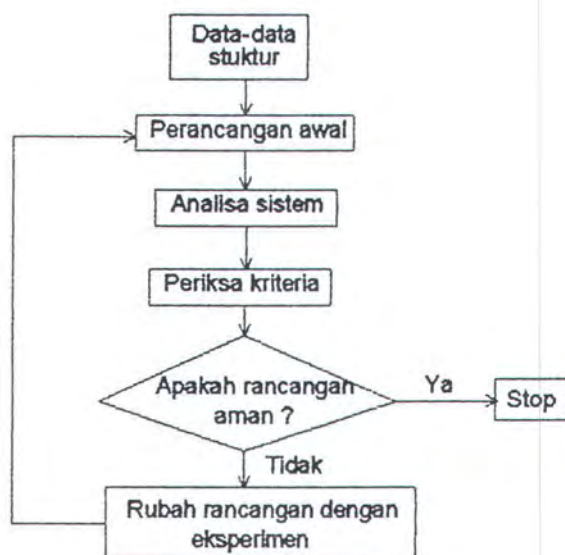
Namun ada konsekuensi lain yang harus diterima oleh struktur bangunan apung yaitu masalah gerakan (motion), dimana gerakan ini diusahakan kecil. Ada beberapa cara yang sudah umum dilakukan untuk memperkecil respon gerakan suatu storage barge yaitu dengan memberikan sekat-sekat pada tangkinya. Akan tetapi pemberian sekat ini harus diperhitungkan karena pengaruh dimensi dalam hal ini dipengaruhi oleh letak koordinat yang menyatakan titik-titik perpotongan antar sekat, akan memberikan respon yang berbeda-beda.

Untuk mendapatkan rancangan dimensi tangki muat yang optimum tidak hanya dilakukan satu kali proses perancangan, melainkan beberapa kali. Proses perancangan merupakan proses iterasi atau perulangan antara tahap pencetus gagasan, tahap perhitungan dan analisa, serta tahap pengambilan keputusan secara berturut-turut, sedemikian hingga hasil rancangan tersebut memenuhi tujuan dengan kriteria tertentu, dalam hal ini adalah respon struktur untuk heaving dan pitching yang minimum. Proses rancangan tersebut dapat dilihat dengan diagram alir pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 Proses Perancangan

Salah satu metode rancangan yang sudah berkembang sampai saat ini adalah metoda optimasi. Sebelum metoda ini diperkenalkan, perancangan dilakukan dengan metoda konvensional. Metoda konvensional ini tergantung dari intuisi perancang, pengalaman, serta keahliannya. Algoritma perancangan konvensional dapat dilihat pada diagram alir gambar 1.2.



Gambar 1.2 Proses Perancangan Secara Konvensional

Dari algoritma tersebut nampak bahwa perubahan rancangan baru tergantung dari coba-coba atau dengan eksperimen, dengan demikian memakan banyak waktu dan biaya yang besar. Kemudian berkembang lagi metoda lain yaitu metoda grafik, tetapi metoda ini mempunyai kelemahan yaitu hanya bisa menyelesaikan persoalan optimasi dengan dua perubah perancangan. Untuk menyelesaikan persoalan optimasi dengan dua atau lebih perubah perancangan digunakan metoda optimasi secara numerik. Pada dasarnya metoda ini menggunakan pendekatan matematis, sehingga akan lebih efisien jika dibantu dengan komputer. Algoritma proses perancangan optimum dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 Proses Perancangan Dengan Metoda Optimasi

Secara umum optimasi secara numerik atau matematis adalah untuk mendapatkan nilai minimum atau maksimum dari fungsi yang mewakili kriteria. Fungsi tersebut dikenal sebagai fungsi tujuan (objective function).

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah dimensi tangki muat cair. Dimensi tangki di sini dinyatakan dengan koordinat dari sekat memanjang dan melintang. Pada proses optimisasi koordinat akan bergeser hingga memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu : momen inersia yang maksimum dengan periode gerakan pitching pada range yang telah ditentukan, dengan keterbatasan ruangan yang ada dan volume muatan cair tidak boleh melebihi $\pm 5\%$ dari volume awal.

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan dan ruang lingkup bahasan dalam tugas akhir ini lebih jelas, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Respon gerakan storage barge dibatasi untuk gerakan heaving dan pitching.
2. Storage barge berada di atas gelombang reguler.
3. Storage barge pada kondisi head sea.
4. Topologi struktur tetap dan ditentukan pada tahap awal, sehingga

yang berubah adalah koordinat titik simpul yang berakibat langsung terhadap dimensi tangki penyimpanan minyak.

5. Pengaruh beban lingkungan laut seperti : angin, arus, gempa, dan pasang surut diabaikan.
6. Muatan cair yang ditinjau hanya cargo oil.

1.4 Tujuan

1. Mempelajari pengaruh antara perubahan dimensi tangki muat zat cair pada storage barge terhadap respon yang ditimbulkan yang mana dibatasi untuk gerakan heaving dan pitching.
2. Mendapatkan desain tangki yang lebih baik sesuai dengan kriteria tertentu seperti : tujuan, batasan-batasan, serta variabel yang dipilih.

1.5 Metodologi Penulisan

Tugas akhir ini terdiri atas bab-bab yang terbagi menjadi dasar teori, perumusan permasalahan, penjelasan program komputer, analisa dan diskusi, serta kesimpulan akhir. Disamping itu juga disertakan lampiran untuk melengkapi penjelasan yang terdapat didalam bab-bab-nya. Berikut ini penjelasan singkat isi yang terdapat pada masing-masing bab.

Bab I berisi pendahuluan yang memberikan penjelasan mengenai latar belakang permasalahan, maksud dan tujuan, serta metodologi penulisan Tugas

Akhir.

Bab II menjelaskan metoda optimasi yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan optimasi berkendala yaitu dengan pemrograman linier dengan metode simplek.

Bab III menjelaskan besarnya respon heaving dan pitching dengan Teori Strip.

Bab IV berupa tahap perumusan masalah optimasi yang merupakan penerjemahan dari keadaan yang ada. Disini dilakukan pemilihan perubah perancangan, kendala-kendala, dan teknik-teknik penyederhanaan permasalahan.

Bab V penjelasan program optimasi dengan diagram alirnya secara garis besar.

Bab VI analisa hasil keluaran program. Dari hasil ini akan ditunjukkan perbedaan respon yang ditimbulkan struktur sebelum dan sesudah dioptimumkan dari studi kasus.

Bab VII berisi kesimpulan dari tugas akhir yang merupakan jawaban dari tujuan yang tercantum pada pendahuluan, Juga saran-saran untuk pengembangan metoda optimasi dan aplikasi program.



TUGAS AKHIR

BAB II

METODE OPTIMASI

BAB II

METODE OPTIMASI

2.1 Pendahuluan

Metode optimasi adalah suatu cara untuk memperoleh hasil terbaik dari beberapa kemungkinan dengan memperhatikan batasan-batasan yang ada. Metode ini bermanfaat sekali dalam berbagai bidang mengingat dalam praktek kita menginginkan hasil yang terbaik sedangkan kemampuan ataupun ketersediaan sumber menjadi kendala. Dalam kehidupan sehari-hari usaha optimasi banyak kita jumpai, misal keinginan menaikkan keuntungan, penekanan biaya produksi, meningkatkan kecepatan dll.

Dalam bidang teknik sering kita jumpai usaha-usaha untuk mendapatkan hasil, baik optimum maupun minimum. Untuk mendapatkan tersebut digunakan metode yang telah dikenal dengan baik yaitu metode optimasi. Dalam Tugas Akhir ini metode optimasi diterapkan untuk perancangan tangki muat pada storage barge dengan hasil yang diinginkan adalah suatu struktur yang mempunyai respon gerakan yang kecil.

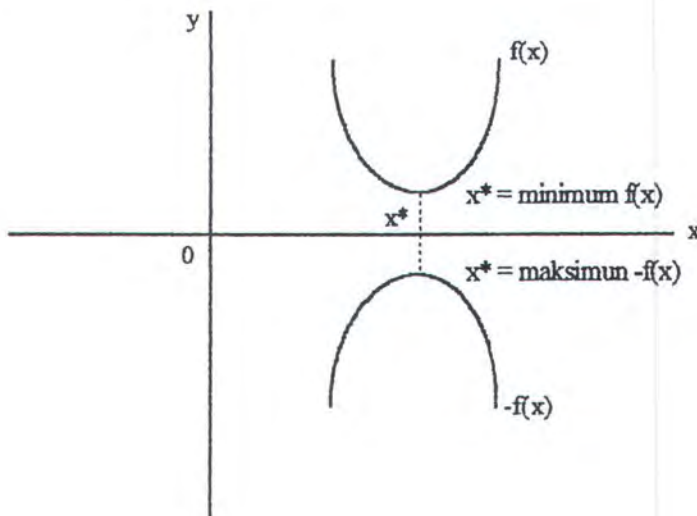
Dalam usaha untuk mendapatkan hasil tersebut diperlukan informasi, intuisi dan pengalaman perancang untuk merumuskan permasalahan. Mengingat perumusan masalah merupakan tahapan yang penting dalam proses optimisasi

yang akan menentukan berhasil tidaknya proses, bahkan secara kasar tahap ini merupakan 50% dari usaha untuk menyelesaikan masalah optimasi⁽¹⁾. Untuk merumuskan masalah akan lebih mudah jika dilakukan dengan merumuskannya ke model matematik. Bila permasalahan cukup sederhana, model matematiknya tidak kompleks (linier) maka penyelesaian mudah sekali didapat yaitu dengan metode differensial atau diplot pada dalam bentuk grafik. Akan tetapi untuk fungsi yang lebih kompleks dimana model matematiknya cukup kompleks, derajat yang lebih tinggi (non linier) juga variabel yang terlibat cukup banyak maka sulit sekali diselesaikan secara differensial maupun grafik. Untuk mengatasi permasalahan ini dikembangkanlah metode pendekatan numerik dalam metode optimasi. Dengan metode numerik ini berbagai model matematik yang rumit dapat diselesaikan dengan cara pendekatan terhadap nilai sebenarnya dengan ketelitian sesuai yang diinginkan.

Metode pendekatan numerik merupakan proses yang berlangsung secara iteratif dengan algoritma tertentu sehingga kurang lazim jika dilakukan secara manual, disamping tidak efektif ketelitian yang dihasilkan juga kurang. Dengan semakin berkembangnya teknologi komputer, proses iterasi bisa dilakukan dengan mudah dengan pemrograman komputer. Namun cara inipun bisa menjadi kurang efektif bila tidak disertai dengan pemakaian algoritma yang tepat, misal akan mengakibatkan fungsi yang dievaluasi semakin besar yang selanjutnya menjadikan waktu untuk menjalankan program semakin lama dan pemakaian memori bertambah besar. Untuk itu perlu dipertimbangkan pula dengan ketersediaan dan kemampuan piranti yang diperlukan untuk menunjang

proses optimasi.

Optimasi adalah usaha untuk mendapatkan hasil yang lebih baik (maksimum atau minimum) dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan kriteria tertentu. Model umum perancangan adalah mencari harga minimum tetapi dalam praktek tidak selalu harga minimum yang dicari, harga maksimum sering juga kita inginkan seperti menaikkan laba suatu usaha, daya mesin, kecepatan dll. Untuk itu diperlukan cara khusus untuk menjadikan pemasalahan maksimasi menjadi minimasi yaitu dengan menyatakan fungsi minimum sebagai lawan atau negatif dari fungsi maksimum. Secara grafik dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Grafik Minimum $F(X)$ Sama Dengan Maksimum $-F(X)$

Perancangan dengan metode optimasi sering juga disebut perancangan rasional karena memerlukan bentuk perumusan yang baku. Berbeda dengan cara perancangan sebelumnya (konvensional / tradisional) yang tidak menunjukkan secara tegas tujuan yang akan dicapai, maka pada perancangan

optimum ini diperlukan pendefinisian fungsi tujuan, kendala, dan variabel rancangan dalam bentuk fungsi matematik.

2.2 Bentuk Umum Perumusan Masalah Optimasi

Untuk menyelesaikan masalah optimasi dengan pemrograman matematik diperlukan perumusannya dalam bentuk fungsi matematik, adapun bentuk umumnya seperti dibawah ini :

$$\text{Minimumkan : } F(x) = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (2.1)$$

$$x = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix} \quad (2.2)$$

$$G_j(x) \leq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.3)$$

$$h_k(x) = 0 \quad k = 1, 2, 3, \dots, l \quad (2.4)$$

Dimana $F(x)$ adalah fungsi obyektif, x adalah vektor perubah perancangan, $G_j(x)$ adalah kendala pertidaksamaan, dan $h_k(x)$ adalah kendala persamaan. Jumlah rancangan n dengan jumlah kendala m atau l tidak harus saling berhubungan. Jumlahnya dapat lebih kecil, sama, atau lebih besar. Kadang-kadang dalam masalah optimasi, harga l, m sama dengan nol yang berarti dalam masalah tersebut tidak ada kendala (*unconstrained*) dan apabila harga l, m tidak sama dengan nol maka masalah tersebut bekendala.

2.2.1 Fungsi Tujuan

Prosedur perancangan bertujuan untuk mendapatkan perancangan yang dapat diterima atau memadai, yang mana tidak boleh menyimpang dari fungsi yang ada dan persyaratan lain pada masalah optimasi tersebut. Biasanya banyak pilihan dalam perancangan dan tujuan optimasi adalah menentukan rancangan yang terbaik dari berbagai alternatif rancangan yang dihasilkan. Tujuan tersebut terdiri dari beberapa perubahan perancangan yang dibentuk dalam suatu fungsi yaitu fungsi tujuan (*objective function*). Fungsi tujuan atau fungsi obyektif merupakan suatu fungsi yang mewakili kriteria atau aspek yang akan diperbaiki (dioptimalkan dalam perancangan). Besaran-besaran yang dapat dijadikan sebagai fungsi tujuan antara lain : volume, berat, biaya, keuntungan, energi, frekuensi, temperatur, respon struktur, dll.

Pemilihan fungsi obyektif ditentukan oleh kondisi masalah yang dihadapi. Dalam praktek perancangan, kemungkinan kita menginginkan lebih dari satu atau banyak tujuan yang akan dioptimumkan. Misalnya kita menghendaki rancangan struktur bangunan apung seperti *storage barge* yang mempunyai *performance pitching* dan pada saat yang sama kita menghendaki pula gerakan *pitching* yang minimum. Masalah optimasi yang demikian disebut *multiobjective design optimization problem*. Untuk masalah ini tidak ada metode yang umum dan handal untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu perlakuan khusus untuk kondisi semacam ini sangat diperlukan. Sebagai contoh untuk masalah di atas dapat didefinisikan sebagai suatu penjumlahan fungsi tujuan dengan faktor atau

koefisien pemberat. Koefisien pemberat yang benar harus diberikan pada setiap fungsi tujuan karena tidak ada keterangan mengenai fungsi tujuan yang diutamakan dari fungsi komposit dalam menentukan perancangan yang optimum. Bentuk umum fungsi tujuan yang demikian dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F(x) = \phi Z(x) + (1-\phi) \theta(x) \quad (2.5)$$

$Z(x)$ dan $\theta(x)$ masing-masing merupakan fungsi besarnya respon gerakan *heaving* dan *pitching* sebagai fungsi dari vektor perubah perancangan x , sedangkan ϕ adalah faktor pemberat. Jika kriteria yang diinginkan adalah fungsi *pitching* maka faktor pemberat sama dengan 1 dan faktor pemberat sama dengan 0 jika yang diinginkan hanya besarnya gerakan *pitching*. Cara yang lain adalah memilih kriteria yang paling dianggap penting sebagai fungsi tujuan dan memperlakukan fungsi lainnya sebagai pembatas.

Untuk suatu masalah perancangan tertentu yang mana tidak jelas apa fungsi tujuannya dan bagaimana masalah tersebut akan dihubungkan variabel perancangan. Wawasan dan pengalaman sangat diperlukan untuk memilih fungsi tujuan yang tepat. Sebagai contoh, pertimbangan optimisasi suatu *oil storage barge*. Variabel apa untuk sebuah *oil storage barge* ? Apa fungsi tujuan dan fungsi apa yang membentuk variabel rancangan ? Ini merupakan masalah praktis. Meskipun sangat kompleks, biasanya masalah semacam ini dibagi menjadi beberapa masalah yang lebih kecil dan masing-masing dirumuskan sebagai masalah perancangan optimum. Sebagai contoh untuk masalah di atas

dapat dibagi menjadi sub masalah seperti : ukuran utama, stabilitas, jumlah tangki, geometri tangki, respon gerakan, bentuk lambung, variasi pembebanan akibat muatan minyak, dll. Setiap masalah tersebut sekarang dapat diatur dan dapat dirumuskan sebagai masalah perancangan optimum.

2.2.2 Perubah Perancangan (*Design Variable*)

Suatu langkah awal yang penting untuk merumuskan masalah adalah mengidentifikasi variabel rancangan sistem. Variabel perancangan adalah rancangan bebas yang bisa berubah selama proses optimasi. Jika salah dalam mengidentifikasi variabel maka perumusan akan keliru atau secara keseluruhan tidak mungkin dapat diselesaikan. Dalam langkah awal perumusan masalah ini variabel yang telah diidentifikasi harus benar-benar diteliti.

2.2.3 Kendala (*Constraints*)

Harga variabel rancangan bisa berubah-ubah asalkan tidak melanggar suatu persyaratan tertentu yang disebabkan berbagai macam pertimbangan seperti : ketersediaan tempat, ketersediaan bahan, kemampuan fabrikasi, keindahan, kegunaan, tegangan yang diijinkan, displasemen, dll. Semua persyaratan diatas bersifat membatasi tujuan perancangan dan dalam optimisasi disebut sebagai kendala. Setiap kendala harus dipengaruhi oleh satu atau lebih perubah perancangan. Jika suatu rancangan memenuhi semua persyaratan yang menyatakan kendala yang ada maka rancangan tersebut merupakan rancangan

yang layak. Secara umum kendala bisa terdiri dari 2 macam, yaitu :

1. Kendala pertidaksamaan

$$G_j(x) \leq 0 \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.6)$$

2. Kendala persamaan

$$h_k(x) = 0 \quad k = 1, 2, 3, \dots, l \quad (2.7)$$

Kendala persamaan digunakan untuk memberi batasan yang harus dipenuhi secara tepat. Jumlah kendala persamaan tidak boleh melebihi jumlah variabel perancangan dan secara keseluruhan jumlah kendala baik persamaan maupun pertidaksamaan harus lebih kecil atau sama dengan jumlah variabel rancangan. Dalam proses perancangan paling banyak kita jumpai adalah kendala pertidaksamaan. Kendala ini digunakan agar suatu variabel atau fungsi kendala yang terdiri dari beberapa variabel tidak melebihi atau kurang dari suatu harga tertentu.

Dalam permasalahan perancangan, kendala tidak mutlak harus ada. Pada kondisi tertentu bisa dijumpai suatu permasalahan tidak mempunyai kendala (*unconstrained*). Untuk masing-masing kondisi mempunyai teknik penyelesaian yang berbeda-beda. Adapun teknik-teknik yang telah umum digunakan untuk menyelesaikan permasalahan optimisasi tanpa kendala [Vanderplaats 1984] antara lain :

- Random search
- Powell's method
- Steepest descent

- The conjugate direction method
- Variable matric method

Sedangkan untuk permasalahan dengan kendala dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu metode langsung dan tak langsung. Pada metode langsung, kendala ditangani secara eksplisit dan pada metode tak langsung, masalah dengan kendala diselesaikan dengan mengubah menjadi bentuk lain yang lebih sederhana. Penyelesaian dengan metode langsung antara lain dengan :

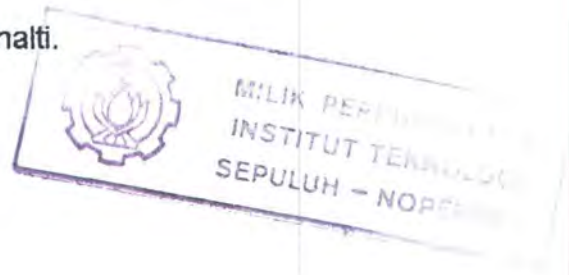
- Sequential linear programming
- The Method of centers
- The method of feasible direction
- The generalized reduced gradient method
- Roubust feasible direction method
- Sequential quadratic programming

Sedang untuk penyelesaian secara tidak langsung yaitu dengan mengubah masalah dengan kendala menjadi tanpa kendala. Secara umum masalah tanpa kendala lebih mudah dari pada dengan kendala, selain lebih sederhana juga andal. Ada beberapa cara yang ditempuh untuk mengubah permasalahan dengan kendala menjadi tanpa kendala yang dikenal dengan :

- Teknik pengubahan variabel
- Metode penalti
- Metode dual

Karena terbatasnya penggunaan teknik pengubahan variabel maka dicari

cara lain yang lebih berlaku umum untuk memanfaatkan keunggulan optimasi tanpa kendala, yaitu dengan metode penalti.



2.3 Pemrograman Linier (PL)

Pemrograman linier adalah teknik matematik untuk mencari kombinasi yang paling optimal dari kemanfaatan baik sumber daya maupun sumber dana yang terbatas. Pemrograman linier menyangkut optimasi permasalahan yang dituangkan dalam bentuk fungsi obyektif dengan sejumlah kendala aljabar linier tertentu.

Suatu permasalahan perancangan optimum yang mempunyai fungsi tujuan dan kendala yang linier disebut permasalahan pemrograman linier. Permasalahan pemrograman linier banyak dijumpai dalam bidang keteknikan seperti penyediaan air, kontrol arus lalu lintas, manajemen sumber daya, teknik transportasi dan elektronika. Dalam bidang automotive, pesawat ruang angkasa, struktur, dan perancangan sistem mekanik, masalah yang dihadapi biasanya tidak linier. Permasalahan perancangan struktural dilengkapi dengan konsep analisa batas sehingga dapat dirumuskan menjadi permasalahan linier. Salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan non linier adalah dengan mentransformasikan menjadi linier. Banyak metode non linier bisa diselesaikan dengan metode linier pada tiap iterasinya. Dengan demikian metode pemrograman linier bermanfaat dalam berbagai bidang.

2.4 Standar Pemrograman Linier (PL)

Permasalahan pemrograman linier mempunyai kendala, bisa berupa persamaan maupun kendala pertidaksamaan. Dengan tujuan maksimasi maupun minimasi. Standard PL dapat didefinisikan dalam beberapa cara dan prosedur numerik dapat diterapkan untuk menyusun perumusan yang berbeda. Pada Tugas Akhir ini, permasalahan program linier dirumuskan dengan fungsi minimasi dengan kendala persamaan dan dengan variabel perancangan nonnegatif. Pada sub bab berikut akan dijelaskan proses pengubahan PL ke bentuk standar.

2.4.1 Kendala Linier

Kendala persamaan dan pertidaksamaan dengan sejumlah k perubahan perancangan sebanyak i dinyatakan dalam salah satu dari ketiga bentuk di bawah ini :

$$a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \dots + a_{ik}y_k \begin{cases} < \\ = \\ > \end{cases} b_i \quad (2.8)$$

Dimana a_{ij} dan b_{ij} adalah konstan, b_{ij} disebut juga sebagai batasan ketersediaan sumber (*resource limit*) dan diasumsikan selalu berharga positif ($b_{ij} \geq 0$). Jika pada suatu kasus dijumpai harga *resource limit* negatif, maka harus diubah menjadi positif dengan mengalikan -1 pada kedua ruas. Sebagai contoh sebuah kendala $-y_1 - y_2 \leq -1$ harus ditransformasi menjadi $y_1 + y_2 \geq 1$, sehingga

ruas kanan menjadi positif. Kendala permasalahan dalam PL harus dirubah ke bentuk standar, dimana kendalanya berupa kendala persamaan. Oleh karena itu kendala pertidaksamaan harus dirubah menjadi persamaan.

Untuk pertidaksamaan \leq harus ditambahkan *nonnegative slack variable* s_i dan merubah tanda pertidaksamaan menjadi persamaan seperti dibawah :

$$a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \dots + a_{ik}y_k + s_i = b_i \quad (2.9)$$

Dengan cara yang sama untuk pertidaksamaan \geq , supaya menjadi persamaan harus ditambahkan *nonnegative surplus variable* ($s_i \geq 0$) sehingga bentuknya menjadi :

$$a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \dots + a_{ik}y_k - s_i = b_i \quad (2.10)$$

2.4.2 Linierisasi Permasalahan Berkendala

Dalam pemrograman linier, semua fungsi tujuan dan kendala harus linier. Jika terdapat fungsi non linier harus dilinierkan. Sebagian besar metode numerik untuk permasalahan linier berkendala, pada setiap iterasi perbaikan desain diselesaikan secara pendekatan dengan membuat sub-masalah yang didekati dengan ekspansi Taylor linier untuk fungsi tujuan dan kendala.

Untuk memulai harus ditentukan dulu desain awal yang secara iteratif akan diperbaiki. Misal $x^{(k)}$ adalah desain pada iterasi ke-k dan $\Delta x^{(k)}$ adalah perubahan desain yang diinginkan. Selanjutnya dibuat pendekatan sub-masalah dengan ekspansi Taylor untuk fungsi tujuan dan kendala dengan desain awal $x^{(k)}$.

$$\text{Minimumkan : } f(x^{(k)} + \Delta x^{(k)}) \cong f(x^{(k)}) + \nabla f^T(x^{(k)})\Delta(x^{(k)}) \quad (2.11)$$

Dengan kendala persamaan linier :

$$h_j(x^{(k)} + \Delta x^{(k)}) \cong h_j(x^{(k)}) + \nabla h_j^T(x^{(k)})\Delta x^{(k)} = 0 \quad j = 1 \sim p \quad (2.12)$$

Dengan kendala pertidaksamaan linier :

$$g_j(x^{(k)} + \Delta x^{(k)}) \cong g_j(x^{(k)}) + \nabla g_j^T(x^{(k)})\Delta x^{(k)} \leq 0 \quad j = 1 \sim m \quad (2.13)$$

dimana : $\nabla f, \nabla h_j, \nabla g_j$: Masing-masing adalah gradien fungsi tujuan, kendala persamaan, dan kendala pertidaksamaan

$x^{(0)}$: Rancangan awal

$\Delta x^{(k)}$: Besarnya perubahan rancangan

Dengan memasukkan rancangan awal bisa diperoleh :

$$c_i = \partial f(x^{(k)}) / \partial x_i \quad (2.14)$$

$$n_{ij} = \partial h_j(x^{(k)}) / \partial x_i \quad (2.15)$$

$$a_{ij} = \partial g_j(x^{(k)}) / \partial x_i \quad (2.16)$$

Selanjutnya dari persamaan 2.10 sampai 2.12 didapat fungsi baru yang linier sebagai berikut :

$$\text{Minimumkan} \quad : \quad f = \sum_{i=1}^n c_i d_i \quad (2.17)$$

$$\text{Kendala persamaan} \quad : \quad \sum_{i=1}^n n_{ij} d_i = e_j \quad j = 1 \text{ sampai } p \quad (2.18)$$

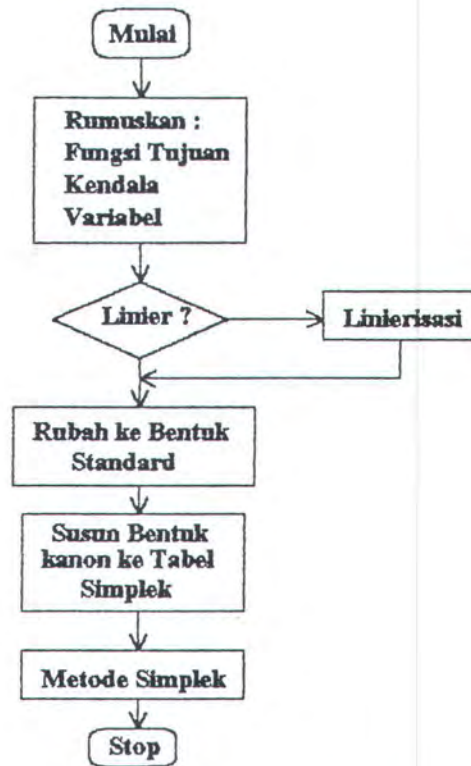
$$\text{Kendala pertidaksamaan} \quad : \quad \sum_{i=1}^n a_{ij} d_i \leq b_j \quad j = 1 \text{ sampai } m \quad (2.19)$$

Dimana $n^{(j)}$ dan $a^{(j)}$ masing-masing adalah gradien dari persamaan dan pertidaksamaan ke-j yang dinyatakan sebagai berikut :

$$n^{(j)} = \left(\frac{\partial h_j}{\partial x_1}, \frac{\partial h_j}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial h_j}{\partial x_n} \right) \quad (2.20)$$

$$a^{(j)} = \left(\frac{\partial g_j}{\partial x_1}, \frac{\partial g_j}{\partial x_2}, \dots, \frac{\partial g_j}{\partial x_n} \right) \quad (2.21)$$

Dari proses linierisasi ini akan didapatkan permasalahan yang linier, selanjutnya penyelesaian dengan metode simplek. Agar proses simplek bisa dilaksanakan maka ada beberapa tahapan yang harus dikerjakan. Tahapan tersebut dapat diterangkan dengan bagan alir berikut :



Gambar 2.2 Diagram Alir Prosedur Sebelum Dilakukan Penyimplekan

2.5 Metode Simplek

Penyelesaian PL dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan metode grafik dan yang paling umum adalah dengan metode simplek. Untuk penyelesaiannya, perumusan masalah harus dibuat dalam bentuk kanon

(canonical form). Yaitu bentuk standar perumusan dimana terdapat fungsi tujuan dan kendala yang linier dengan variabel positif (≥ 0) dengan *resources limit* positif dan semua hubungan kendala dengan *resources limit* berupa persamaan. Oleh karena itu untuk kasus yang lain harus dilakukan pengubahan ke bentuk kanon. Tentang teknik pengubahan ini akan dijelaskan pada sub bab berikutnya.

Penyelesaian metode simplek adalah dengan menyusun bentuk kanon dalam suatu tabel.

Tabel 2.1 Pentabelan Bentuk Kanon

Basic ↓	x_1	x_2	x_3	.	.	.	x_m	x_{m+1}	x_{m+2}	.	.	.	x_n	RHS
x_1	1	0	0	.	.	.	0	$a_{1,m+1}$	$a_{1,m+2}$	.	.	.	$a_{1,n}$	b_1
x_2	0	1	0	.	.	.	0	$a_{2,m+1}$	$a_{2,m+2}$	.	.	.	$a_{2,n}$	b_2
x_3	0	0	1	.	.	.	0	$a_{3,m+1}$	$a_{3,m+2}$	.	.	.	$a_{3,n}$	b_3
.
.
x_m	0	0	0	.	.	.	1	$a_{m,m+1}$	$a_{m,m+2}$	.	.	.	$a_{m,n}$	b_m

Sedangkan prosedur penyelesaian dengan metode simplek adalah sebagai berikut :

1. Rubah ke bentuk standar, tentukan basic dan non basic variable.
2. Fungsi tujuan dinyatakan sebagai variabel non basic. Penulisanannya pada baris terakhir pada tabel simplek.
3. Karena fungsi tujuan adalah variabel non basic, maka koefisien yang terletak pada kolom variabel basic nilainya nol. Jika koefisien non basic sudah positif berarti titik optimum telah tercapai.
4. Jika titik optimum belum tercapai, maka diperlukan penggantian

variabel basic pada iterasi tersebut dengan variabel non basic. Untuk melakukan ini pilih variabel non basic yang akan dijadikan basic, yaitu variabel pada baris fungsi tujuan dan kolom non basic yang koefisiennya negatif. Untuk memilih basic variabel menjadi non basic pada iterasi yang sedang berlangsung adalah dengan perbandingan nilai ruas kanan (kolom terakhir) dengan elemen positif pada kolom pivot. Yang dipilih adalah baris dengan perbandingan terkecil sebagai baris pivot dan variabel basic yang bersesuaian menjadi non basic.

5. Setelah baris dan kolom pivot ditentukan, maka langkah pivot bisa diselesaikan dengan nilai elemen pivot sama dengan satu dan lainnya nol dengan proses eliminasi. Langkah ini akan menghasilkan solusi baru yang mempunyai nilai fungsi tujuan yang lebih kecil.
6. Langkah di atas diulang sampai diperoleh titik optimum.

2.5.1 Metode Big-M

Untuk mengurangi jumlah variabel khususnya variabel artificial yang timbul pada permasalahan dengan kendala lebih besar atau sama dengan (\geq) atau sama dengan ($=$) pada pemrograman linier dapat dilakukan dengan metode big-M. Dalam metode ini fungsi tujuan diaugmentasi dengan menambahkan variabel artificial berupa konstanta positif (M) yang bernilai besar. Karena artificial variabel adalah basic, maka fungsi tujuan harus dieleminasi sebelum diselesaikan dengan metode simplek. Hal ini dilakukan pada semua kendala

yang mempunyai variabel artificial. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh permasalahan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan} & : z = x_1 + x_2 + x_3 \\ \text{Dengan kendala} & : \begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 & \leq 12 \\ 2x_1 + 3x_2 - 3x_3 & \geq 6 \\ x_1, x_2, x_3 & \geq 0 \end{aligned} \end{aligned}$$

Penyelesaian :

Rubah persamaan ke bentuk standard :

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan} & : f = -x_1 - 2x_2 + 2x_3 \\ \text{Dengan kendala} & : \begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 - 2x_3 + x_4 & \leq 12 \\ 2x_1 + 3x_2 - 3x_3 - x_5 + x_6 & \geq 6 \\ x_i & \geq 0 ; i = 1, \dots, 6 \end{aligned} \end{aligned}$$

Dengan metode Big-M kita masukkan Mx_6 (misal $M=10$) pada fungsi tujuan, sehingga :

$$f = -x_1 - 2x_2 + 2x_3 + 10x_6$$

Jika masih ada variabel artificial yang lain, harus dikalikan dengan M dan ditambahkan pada fungsi tujuan. Untuk contoh permasalahan di atas, fungsi tujuan berubah menjadi :

$$f = -x_1 - 2x_2 + 2x_3 + 10(6x_1 - 2x_2 - 3x_3 + x_5)$$

$$f = 60 - 21x_1 - 32x_2 + 32x_3 + 10x_5$$

Setelah berubah demikian, selanjutnya diselesaikan secara iterasi dengan metode simplek, seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Tabel Simplek

x_2	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b
x_4	3	2	-2	1	0	0	12
x_6	2	3	-3	0	-1	1	6
Cost	-21	-32	32	0	10	0	$f = 60$
x_4	5/3	0	0	1	2/3	-2/3	8
x_2	2/3	1	-1	0	-1/3	1/3	2
Cost	1/3	0	0	0	-2/3	32/3	$f = 4$
x_5	5/2	0	0	2/3	1	-1	12
x_2	3/2	1	-1	1/2	0	0	6
Cost	2	0	0	1	0	10	$f = 12$



TUGAS AKHIR

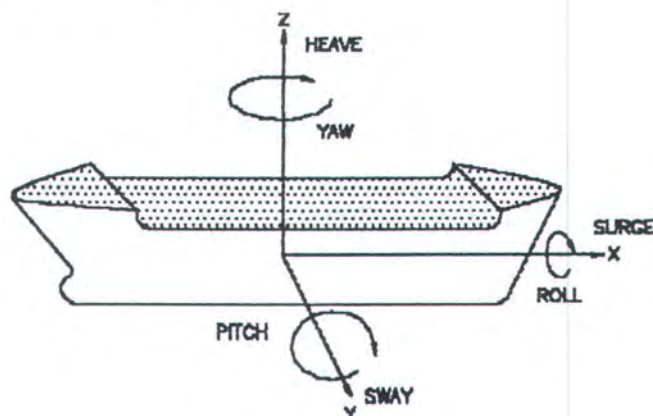
BAB III

DINAMIKA STRUKTUR APUNG

BAB III

DINAMIKA STRUKTUR APUNG

Suatu struktur yang terapung di laut akan mengalami usikan atau gangguan akibat kondisi lingkungan lautan yang dipengaruhi antara lain oleh gelombang, angin, maupun arus sehingga akan timbul gerakan pada struktur tersebut. Gerakan yang terjadi pada struktur tersebut secara keseluruhan ada enam jenis gerakan atau sering dikenal dengan enam derajat kebebasan, yaitu tiga gerakan translasional dan tiga rotasional. Untuk gerakan translasional ke arah sumbu x , y , dan z masing-masing adalah surge, heave, sway. Sedang untuk gerakan rotasional terhadap sumbu x , y , dan z masing-masing roll, pitch, yaw. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1. Meskipun demikian gerakan yang terjadi pada struktur apung bisa kurang dari enam derajat kebebasan, hal ini dipengaruhi cara pengikatan ke dasar laut ⁽⁴⁾.



Gambar 3.1 Pendefinisian Enam Derajat Gerakan Struktur Apung

Gerakan struktur apung penting sekali untuk diketahui terutama pada tahap perencanaan. Karena gerakan yang terjadi bersifat dinamis, berubah terhadap waktu. Maka perlu ditentukan persamaan gerakan agar diketahui besarnya gerakan pada setiap saat. Untuk mendapatkan persamaan gerakan struktur dipakai teori strip. Teknik yang dipakai dalam teori strip pada dasarnya mempunyai tiga tahapan utama, yaitu :

1. Penentuan sistem koordinat
2. Penentuan persamaan gaya utama
3. Penyelesaian persamaan gerakan

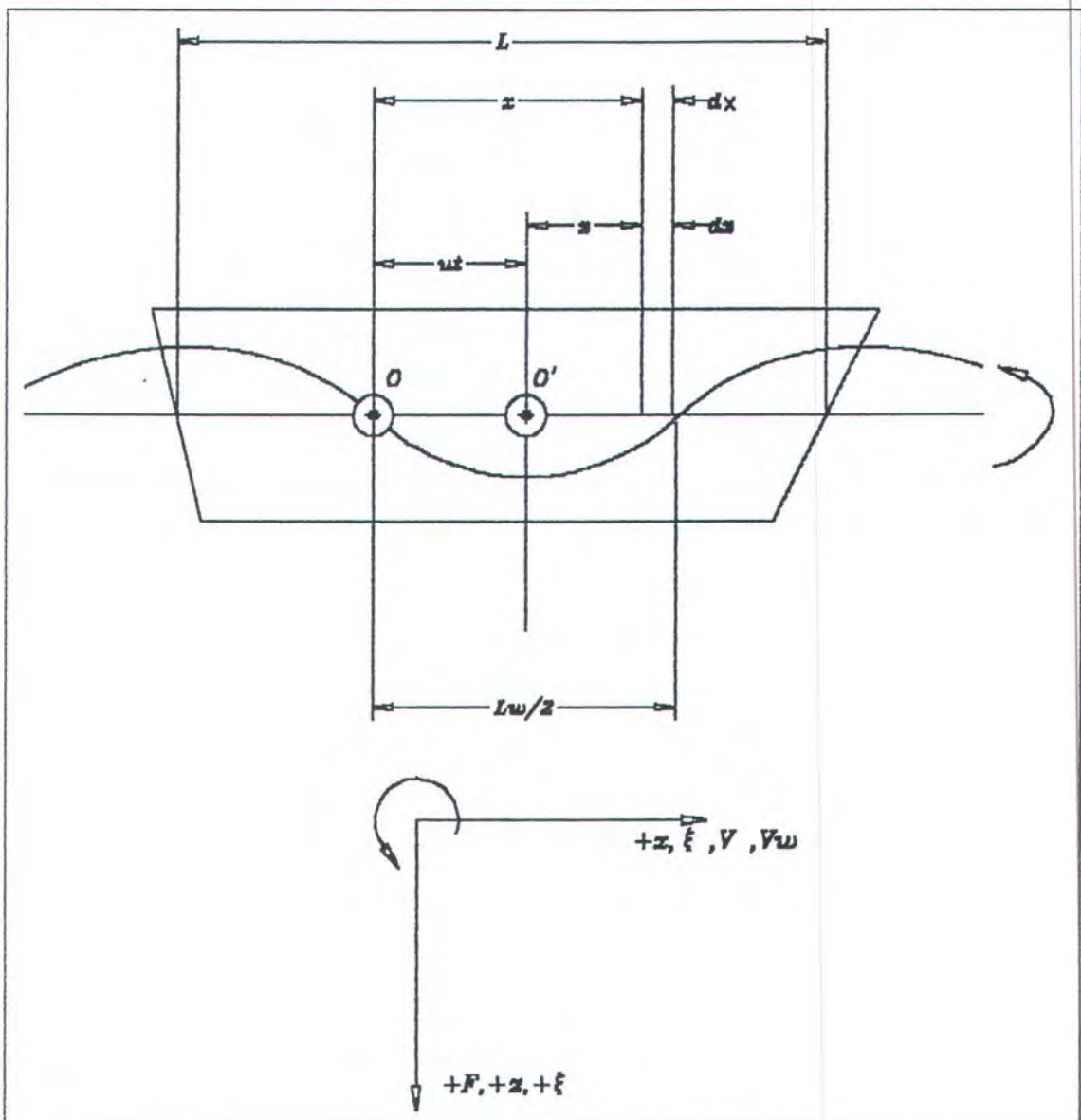
3.1 Sistem Koordinat

Sebelum melakukan analisa lebih detail, perlu ditentukan sistem koordinat. Pada gambar 3.2 terlihat bahwa sumbu utama diasumsikan terletak pada titik pusat gelombang pada kondisi awal ($t=0$). Bidang horisontal terdiri dari sumbu x dan y , dan z ke arah vertikal dengan z positif ke bawah.

Sumbu koordinat kedua dibuat dari sumbu utama struktur yang berpusat di O' , yaitu pada garis air yang berpotongan dengan garis vertikal yang ditarik dari pusat gravitasi struktur. Koordinat longitudinal dari sistem ini adalah ξ .

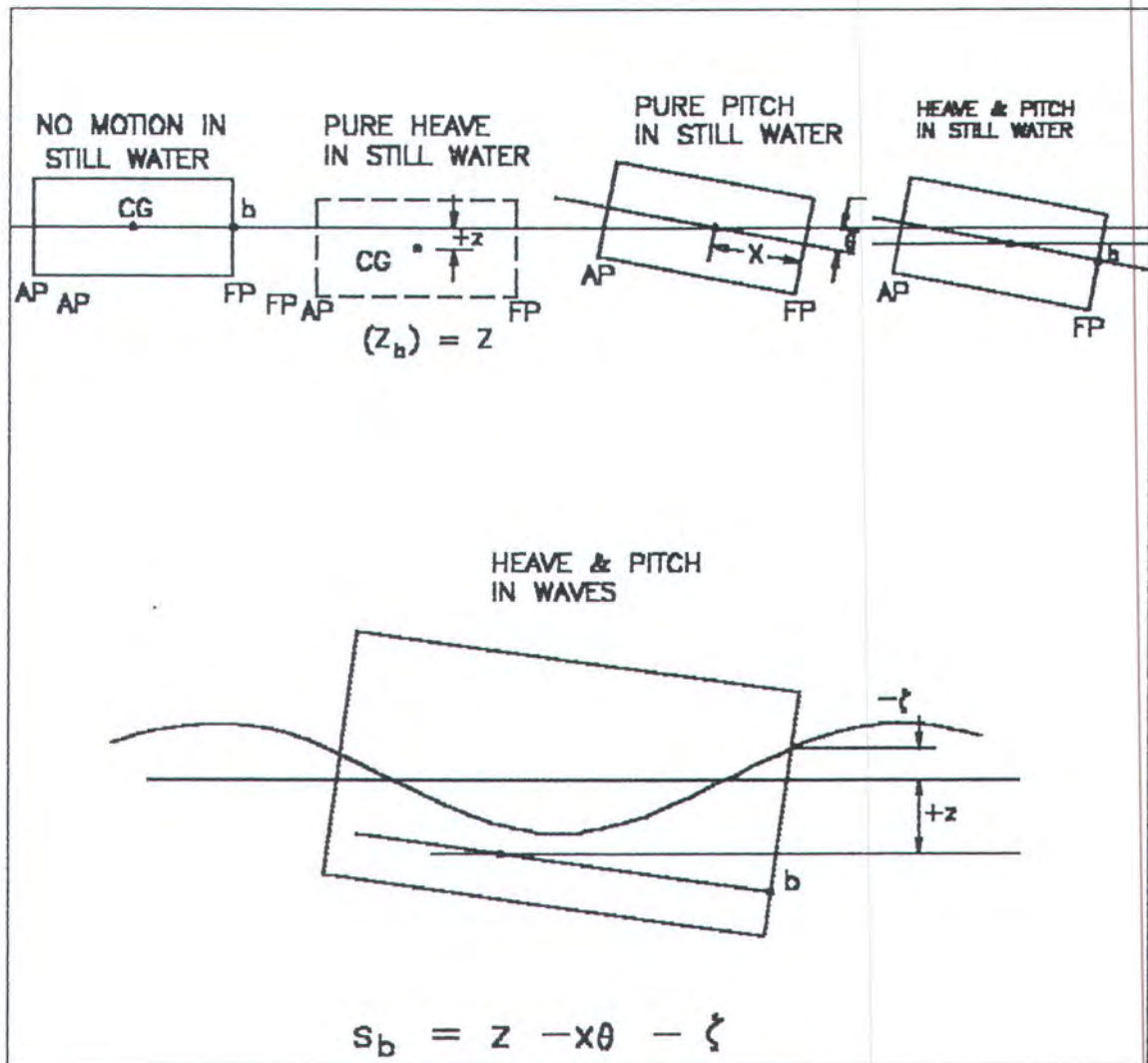
Berdasarkan sistem koordinat yang telah dibuat, kita mempunyai dasar untuk menjelaskan gerakan struktur. Tetapi harus diperhatikan bahwa hanya pitch dan heave yang akan dianalisa (sesuai dengan batasan masalah) dan gerakan yang lain diabaikan. Komponen heaving adalah z , yang menyatakan displasemen

ke arah vertikal terhadap titik berat struktur. Komponen pitching dinyatakan dengan θ , yang menyatakan displasemen angular pada bidang x-z terhadap titik pusat O' . Posisi vertikal pada setiap titik ξ menjadi $z - \xi \sin\theta$, dimana θ dalam radian. Untuk harga θ yang kecil, $\sin \theta \approx \theta$. Kecepatan dan percepatan untuk heave masing masing dinyatakan dengan \dot{z} dan \ddot{z} , sedang untuk pitch adalah $\dot{\theta}$ dan $\ddot{\theta}$.



Gambar 3.2 Sistem Koordinat Dalam Teori Strip

Berdasarkan sistem koordinat yang telah dibuat maka dapatlah dinyatakan gerakan struktur yang akan diinginkan misal untuk heaving dan pitching, seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Gerakan Gelombang, Heaving, Pitching Dalam Teori Strip

3.2 Persamaan Gaya Utama

Pada tahap ini akan dibahas lebih detail persamaan gaya utama dalam

analisa dengan teori strip. Jika suatu struktur berada di air, maka akan menerima gaya apung yang besarnya sama dengan gaya beratnya dan proporsional dengan volume yang terbenam. Konstanta proporsionalitas untuk ini dinyatakan dengan c yang mana ditentukan oleh luas bidang air dan densitas air. Jika struktur bergeser dari posisi kesetimbangan akibat gaya eksternal ke bawah yang bergerak dan berubah setiap saat, maka pada struktur terjadi gaya tekan ke atas yang menyebabkan percepatan awal. Reaksi inersia yang melawan percepatan ini adalah :

$$F = m' \ddot{z} \quad (3.1)$$

di mana :

m' = massa total (ton)

\ddot{z} = percepatan heaving (m/det^2)

Massa total ini terdiri dari massa body dan massa tambah. Massa body adalah massa dari struktur itu sendiri sedang massa tambah terjadinya dapat dijelaskan dengan konsep massa tambah, yaitu fenomena fisik tentang kecenderungan suatu benda yang tenggelam yang bergerak dengan percepatan relatif terhadap fluida di sekitarnya yang selanjutnya akan memberikan percepatan pada fluida tersebut. Agar fluida mampu bergerak dengan percepatan tertentu maka diperlukan gaya. Gaya yang timbul ini berupa distribusi tekanan, yang pada prinsipnya timbul dari fluida disekeliling benda. Karena benda tenggelam di sini memberikan percepatan pada fluida, maka fenomena ini dapat disamakan dengan adanya massa dalam jumlah tertentu yang ditambahkan pada

massa benda sebenarnya. Konsep ini sangat penting dipertimbangkan dalam analisa yang menyangkut percepatan relatif antara benda dan fluida.

Besarnya massa tambah ini tergantung dari bentuk body. Akibat massa tambah ini maka gaya total yang terjadi adalah :

$$F = (m + a) \ddot{z} \quad (3.2)$$

dimana :

m = massa body (ton)

a = massa tambah heaving (ton)

Kecepatan ke atas dari strip ini akan menyebabkan gaya reaksi akibat tahanan hidrostatis struktur, untuk itu perlu ditentukan konstanta proporsionalitas untuk redaman (*damping constant*). Dalam menganalisa gaya yang terjadi pada strip, ada tiga macam gaya yang harus diperhitungkan :

1. Hidrostatik
2. Hidrodinamik
3. Inersia

Semua gaya di atas proporsional dengan posisi vertikal z , kecepatan vertikal \dot{z} , percepatan vertikal \ddot{z} . Persamaan selanjutnya menjadi :

$$cz = (m + a_z) \ddot{z} + b \dot{z} \quad (3.3)$$

Berdasarkan perjanjian tanda untuk displasemen ke bawah, z adalah positif sedang kecepatan dan percepatan ke atas negatif. Bila hal ini dimasukkan maka persamaan akan menjadi :

$$cz = \left(\frac{A}{g} + a_z \right) (-\ddot{z}) + b(-\dot{z}) \quad (3.4)$$

Jika diasumsikan bahwa strip terusik oleh gelombang dengan amplitudo ζ_a maka gaya mula yang terjadi pada strip disebabkan oleh perubahan garis air. Selain itu fluktuasi garis air akan menyebabkan gaya usikan yang kontinyu yaitu *exciting force*. Gaya yang timbul ini besarnya sama dengan jumlah percepatan, kecepatan, dan posisi relatif antara struktur dengan permukaan air dengan konstanta sebagai berikut :

$$\begin{aligned} m\ddot{z} = F &= a_z(-\ddot{z} + \ddot{\zeta}) + b(-\dot{z} + \dot{\zeta}) + c(-z + \zeta) \text{ atau} \\ m\ddot{z} + a_z(\ddot{\zeta} - \ddot{z}) + b(\dot{\zeta} - \dot{z}) + c(\zeta - z) &= 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Persamaan di atas dapat disusun sebagai berikut :

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz = a_z\ddot{\zeta} + b\dot{\zeta} + c\zeta \quad (3.6)$$

Bagian ruas kanan dari persamaan di atas adalah *exciting force* yang akan digunakan untuk mempertahankan body terhadap gerakan vertikal. Gaya gelombang disini dianalisa dengan asumsi alirannya ideal, pengaruh viskositas diabaikan.

Untuk mempelajari gerakan struktur apung di atas gelombang, pertama yang harus kita gambarkan adalah gerakan relatif antara struktur dengan gelombang. Posisi vertikal absolut sepanjang struktur dapat dinyatakan dengan $z - \xi\theta$, sehingga posisi vertikal sebarang titik relatif terhadap gelombang adalah :

$$z_r = z - \xi\theta - \zeta \quad (3.7)$$

Bila diturunkan terhadap waktu akan didapatkan kecepatan vertikal relatif :

$$w_r = \dot{z}_r = \dot{z} - (\xi\dot{\theta} + \theta\dot{\xi}) - \dot{\zeta} \quad (3.8)$$

Dan percepatan relatifnya adalah :

$$\dot{w}_r = \dot{z} - \xi\ddot{\theta} - \dot{\theta}(-u) + u\dot{\theta} - \ddot{\xi} \quad (3.9)$$

3.3 Persamaan Gerakan

Integrasi gaya pada strip sepanjang struktur akan diperoleh bentuk umum persamaan gerak :

$$(m + a_z)\ddot{z} + b\dot{z} + cz + d\ddot{\theta} + e\dot{\theta} + h\theta = F(t) \quad (3.10)$$

Karena dalam penyelesaian persamaan gerakan terdapat amplitudo dan *phase lags* maka lebih baik dinyatakan dalam bentuk kompleks. Dengan menganggap \bar{M} dan \bar{F} menyatakan fungsi momen dan gaya dalam bentuk kompleks :

$$\bar{F} = F_0 e^{i\sigma} \quad (3.11)$$

$$\bar{M} = M_0 e^{i\tau} \quad (3.12)$$

Serta menyatakan P, Q, R, S dalam bentuk kompleks sebagai koefisien persamaan gerak yaitu :

$$P = -(m + a_z)\omega^2 + ib\omega + c \quad (3.13)$$

$$Q = -d\omega^2 + ie\omega + h \quad (3.14)$$

$$S = -(I_{yy} + A_{yy})\omega^2 + iB\omega + C \quad (3.15)$$

$$R = -D\omega^2 + iE\omega + H \quad (3.16)$$

Jika \bar{z} dipakai untuk menyatakan turunan z dan $\bar{\theta}$ turunan θ , maka persamaan gerak dapat dinyatakan dalam bentuk operator umum.

$$\text{Persamaan pertama (heave)} : P\bar{z} + Q\bar{\theta} = \bar{F} \quad (3.17)$$

$$\text{Persamaan kedua (pitch)} : S\bar{\theta} + R\bar{z} = \bar{M} \quad (3.18)$$

dimana \bar{z} dan $\bar{\theta}$ adalah amplitudo kompleks gerakan, yaitu :

$$\bar{z} = z_a e^{i\delta} \quad (3.19)$$

$$\bar{\theta} = \theta_a e^{i\varepsilon} \quad (3.20)$$

Dari persamaan (3.17) dan (3.18) dapat diperoleh \bar{z} dan $\bar{\theta}$:

$$\bar{z} = \frac{\bar{F} - Q\bar{\theta}}{P} \quad (3.21)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{F} - P\bar{z}}{Q} \quad (3.22)$$

Dan dalam persamaan pitch adalah :

$$\bar{z} = \frac{\bar{M} - S\bar{\theta}}{R} \quad (3.23)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{M} - R\bar{z}}{S} \quad (3.24)$$

Dengan memasukkan persamaan z ke dalam θ akan didapat gerakan kopel heaving dan pitching. Dari persamaan 2.31 sampai 2.34 akan diperoleh penyelesaian kompleks heave dan pitch.

$$\bar{z} = \frac{\bar{M}Q - \bar{F}S}{QR - PS} \quad (3.25)$$

$$\bar{\theta} = \frac{\bar{F}R - \bar{M}P}{QR - PS} \quad (3.26)$$

Dari sini akan didapat persamaan akhir, setelah didapatkan amplitudo dan *phase lags* untuk \bar{z} dan $\bar{\theta}$ yaitu :

$$\bar{z} = z_a e^{i\delta} = z_a (\cos \delta + i \sin \delta) \quad (3.27)$$

$$\bar{\theta} = \theta_a e^{i\varepsilon} = \theta_a (\cos \varepsilon + i \sin \varepsilon) \quad (3.28)$$



TUGAS AKHIR

BAB IV

PERUMUSAN MASALAH OPTIMASI

BAB IV

PERUMUSAN MASALAH OPTIMASI

Perumusan masalah merupakan bagian penting dari usaha penyelesaian masalah optimasi, yang mana tahap ini sangat menentukan proses optimasi. Perumusan yang salah akan menyebabkan hasil yang diperoleh tidak sesuai yang diharapkan. Untuk itu perumusan diusahakan dibuat mendekati kondisi permasalahan yang sebenarnya.

Dalam perumusan masalah biasanya dijumpai beberapa kesulitan diantaranya besarnya jumlah perubah perancangan, kendala, dan jumlah iterasi yang dibutuhkan. Hal ini akan mengakibatkan bertambahnya biaya dan waktu sehingga tidak efisien. Untuk mengatasi permasalahan ini digunakan teknik pendekatan sehingga proses optimasi bisa berlangsung lebih cepat dan efektif dan hasil yang diperoleh tetap memuaskan.

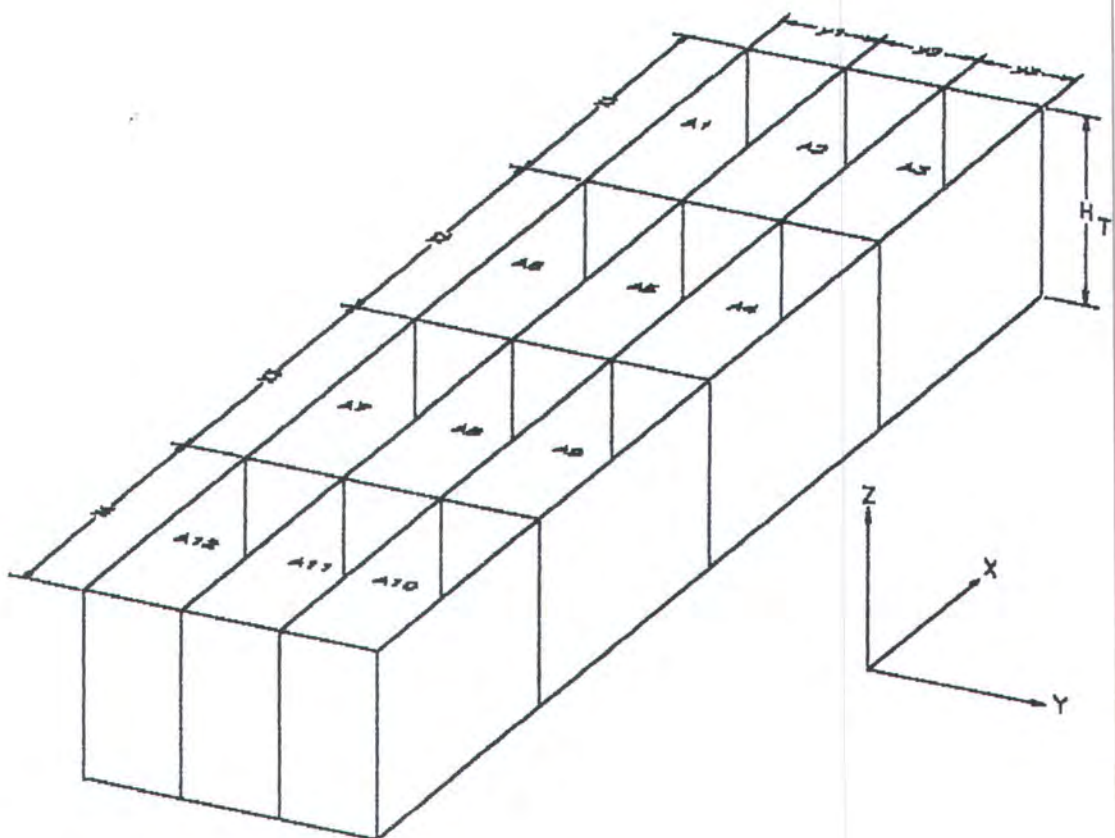
Sub bab berikut akan memberikan penjelasan perumusan dengan menggunakan metoda pendekatan.

4.1 Pemilihan Perubah Perancangan

Struktur yang akan dirumuskan dalam Tugas Akhir ini adalah *oil storage*

barge. Struktur ini berfungsi sebagai tempat penampungan minyak disamping fungsi lainnya sebagai tempat *settling* dan sebagai tempat tinggal bagi pekerja. Struktur ini sebagian besar berupa tangki-tangki yang dipisahkan dengan sekat. Hal ini sangat besar sekali pengaruhnya terhadap momen inersia yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap respon gerakan struktur.

Namun permasalahan tentunya tidak berhenti sampai di sini. Ada masalah yang harus kita jawab, Bagaimana cara pembagian sekat sehingga momen kelembaman (inersia) menjadi optimum ?. Untuk menganalisa struktur ini dipakai asumsi tangki barge terdiri kotak-kotak seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tangki Pada Storage Barge

Dengan asumsi seperti pada gambar di atas, dimana dimensi tiap tangki ditentukan oleh pergeseran simpul yang digerakkan bersama-sama pada tiap baris dan kolom, sehingga permasalahan akan lebih sederhana jika pergeseran simpul berbeda untuk baris dan kolom. Dari gambar 4.1 dapat diidentifikasi perubahan perancangan.

Perubah perancangan struktur memanjang :

$$X_1, X_3, X_3, X_4$$

Perubah perancangan struktur melintang :

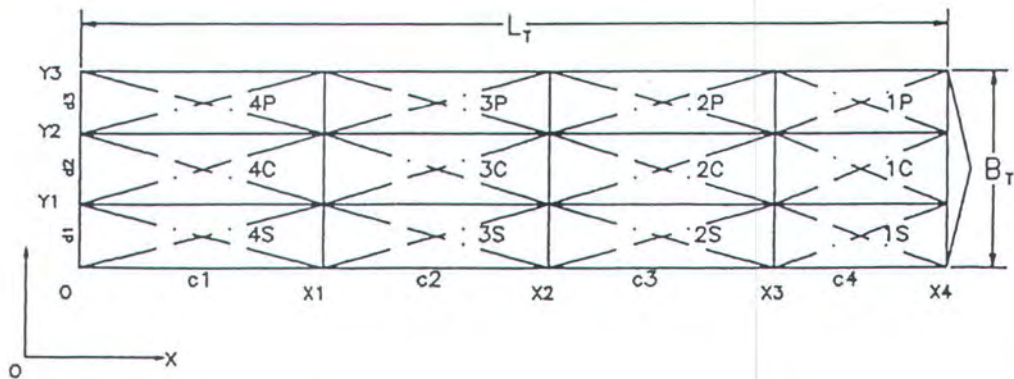
$$Y_1, Y_2, Y_3$$

4.2 Pemilihan Kendala

Kendala disini ditentukan pada tahap penentuan konfigurasi sekat, dari suatu struktur yang mempunyai topologi tertentu. Karena permasalahan ini berorientasi pada kenyamanan di atas barge, maka yang dijadikan kendala dalam permasalahan ini adalah keterbatasan ruangan, periode gerakan pitching, dan stabilitas.

4.2.1 Kendala Ruangan

Dengan ruangan yang terbatas diharapkan akan didapatkan momen inersia yang optimum. Dimana ruangan yang tersedia seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.2 Tata Letak Tangki Pada Storage Barge

Panjang (L) = L_T meter

Lebar (B) = B_T meter

Tinggi (z) = H_T meter

Dimana tinggi tangki untuk semua tangki adalah sama sehingga dianggap sebagai konstanta. Yang menjadi variabel dimensi tiap tangki adalah panjang dan lebar. Kendala yang dihadapi adalah keterbatasan ruangan yang tersedia, sehingga perumusannya adalah :

$$c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = L_T$$

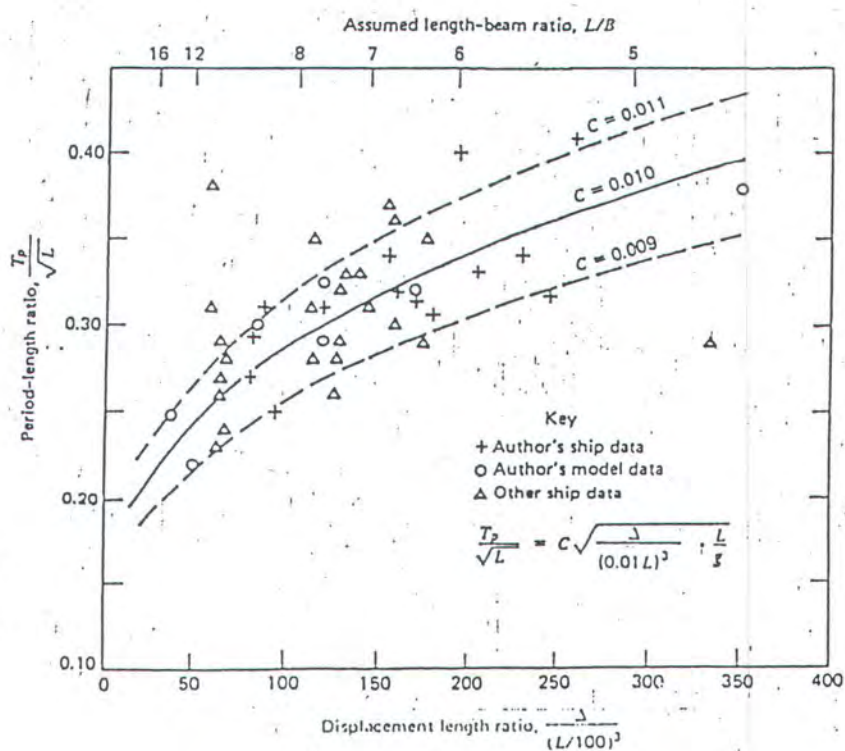
$$d_1 + d_2 + d_3 = B_T$$

Dimana : $x_1 = c_1$, $x_2 = c_1 + c_2$, $x_3 = c_1 + c_2 + c_3$, $x_4 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4$

$$y_1 = d_1, y_2 = d_1 + d_2, y_3 = d_1 + d_2 + d_3$$

4.3 Kendala Periode

Dalam merancang struktur apung diusahakan gerakan dang terjadi harus *smooth* ⁽⁵⁾. Agar gerakan berlangsung dengan *smooth* maka periode gerakan harus disesuaikan dengan tingkat kendamanan dang diinginkan. Berdasarkan gambar 4.3 dapat dirancang besarnya periode pitching berdasarkan fungsi displasemen / ratio panjang⁽³⁾.



Gambar 4.3 Periode Pitching Sebagai Fungsi Displacement/Length Ratio

Besarnya periode pitching adalah :

$$T_{\theta} = \frac{2\pi}{\omega_{\theta}} = 2\pi \sqrt{\frac{I_{yy}}{\Delta \overline{GM}_L}} \quad (4.1)$$

Dimana :

I_{yy} = Momen inersia pitching (Ton-det²-m)

Δ = Displasemen (Ton)

\overline{GM}_L = Jarak GM memanjang (m)

Sehingga bentuk kendala dapat dituliskan sebagai berikut :

$$8,1 \leq T_{\theta} \leq 9,1$$

Besarnya momen inersia untuk pitching adalah :

$$I_{yy} = \frac{\Delta}{g} k_{yy}^2 \quad (4.2)$$

$$k_{yy}^2 = \frac{\sum [w_i (x_i^2 + z_i^2)]}{\Delta} \quad (4.3)$$

Jadi hubungan langsung kendala dan variabel adalah sebagai berikut :

$$8,1 \leq 2\pi \sqrt{\frac{\sum [w_i (x_i^2 + z_i^2)]}{g \Delta \overline{GM}_L}} \leq 9,1 \quad (4.4)$$

w_i = berat muatan cair pada tangki ke - i

4.4 Kendala Stabilitas

Efek dari permukaan bebas akan mengurangi tinggi metacenter, untuk itu efek ini harus diperkecil. Besarnya pengurangan ini adalah :

$$G\dot{G} = \frac{\tau_i}{\gamma \nabla} \quad (4.5)$$

Dimana :

γ' = berat jenis muatan cair (Ton/m³)

γ = berat jenis air laut (=1,025 Ton/m³)

∇ = volume displasemen (m³)

i = momen inersia muatan cair (m⁴)

Berdasarkan gambar 4.2, momen inersia akibat permukaan bebas dapat ditentukan sebagai berikut :

$$i = \sum \frac{1}{12} x_m y_n^3 + A d^2 \quad (4.6)$$

dimana : m = Jumlah tangki ke arah memanjang

n = Jumlah tangki ke arah melintang

Tinggi metacenter pada kondisi muatan diperkirakan sebesar ⁽²⁾ :

$$GM = KB + BM - KG = 0,515T + 0,0805 \frac{B^2}{T} \left(1 - \frac{3,5 + (L/90)}{100} \right) - 0,525D \quad (4.6)$$

Harga GM minimum untuk stabilitas awal adalah :

$$GM \geq 0,04B \quad (4.7)$$

Karena adanya efek permukaan bebas, maka GM akan berkurang sebesar GG'. Sehingga GM dang terjadi adalah :

$$GM' = GM - GG' \quad (4.8)$$

Jadi kendala GM dapat dituliskan menjadi :

$$GM - GG' \geq 0,04B \quad (4.9)$$

4.5 Kendala Volume

Dalam proses optimasi, karena besarnya ketersediaan bahan (*resources limit*) tidak pada komposisi yang tepat maka akan menimbulkan sisa (*slack*). Karena proses optimasi dilakukan pada struktur yang sudah ada (dimensi utama dari storage sudah ditentukan) maka perubahan volume harus memenuhi syarat bahwa perubahan volume akibat proses optimasi tidak melebihi toleransi sebesar 5%. Untuk dimensi tangki, dimana tinggi dan lebar tangki bersifat sebagai parameter sedangkan panjang sebagai variabel. Sehingga variabel yang aktif adalah panjang tangki. Jika panjang awal tangki adalah 171,32 m. Maka perubahan yang diijinkan adalah :

$$171,32 - 5\% (171,32) \leq L_T$$

$$L_T \geq 162.75$$



4.6 Penentuan Fungsi Tujuan

Periode pitching lebih penting dari pada lainnda dipandang dari efek dinamis dang ditimbulkan seperti *deck wetness*, *slamming*, dan percepatan vertikal. Periode natural pitching ini dapat diperbesar dengan memperbesar momen inersia⁽⁵⁾.

Dengan asumsi geometri tangki seperti pada gambar 4.1, maka momen inersia untuk gerakan pitching dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$I_{yy} = \frac{1}{g} \sum \left[w_i (x_i^2 + z_i^2) \right] \quad (4.6)$$

dimana : w_i = berat muatan cair pada tangki ke - i

$$= \gamma' c_i d_i z_i \text{ ton}$$

dengan asumsi z_i konstan sehingga $z_i = z$

$$I_{yy} = \frac{1}{g} \sum \left[\gamma' c_i d_i z (x_i^2 + z^2) \right] \quad (4.7)$$

$$\text{Bila : } \gamma' = 0,855 \text{ Ton/m}^3$$

$$z = 4,08 \text{ m}$$

$$g = 9,8 \text{ m/det}^2$$

$$\gamma' z / g = 0,356$$

$$I_{yy} = 0,356 \sum \left[c_i d_i (x_i^2 + 552,25) \right] \quad (4.8)$$



TUGAS AKHIR

BAB V

PROGRAM OPTIMASI

BAB V

PROGRAM OPTIMASI

5.1 Pemrograman Linier

Program optimasi ini dibuat untuk aplikasi pemrograman linier, yang dibagi dalam dua bagian. Yang pertama untuk menentukan persamaan linier dengan ekspansi Taylor dan yang kedua adalah penyelesaian dari persamaan linier tersebut, yaitu dengan metode simplek.

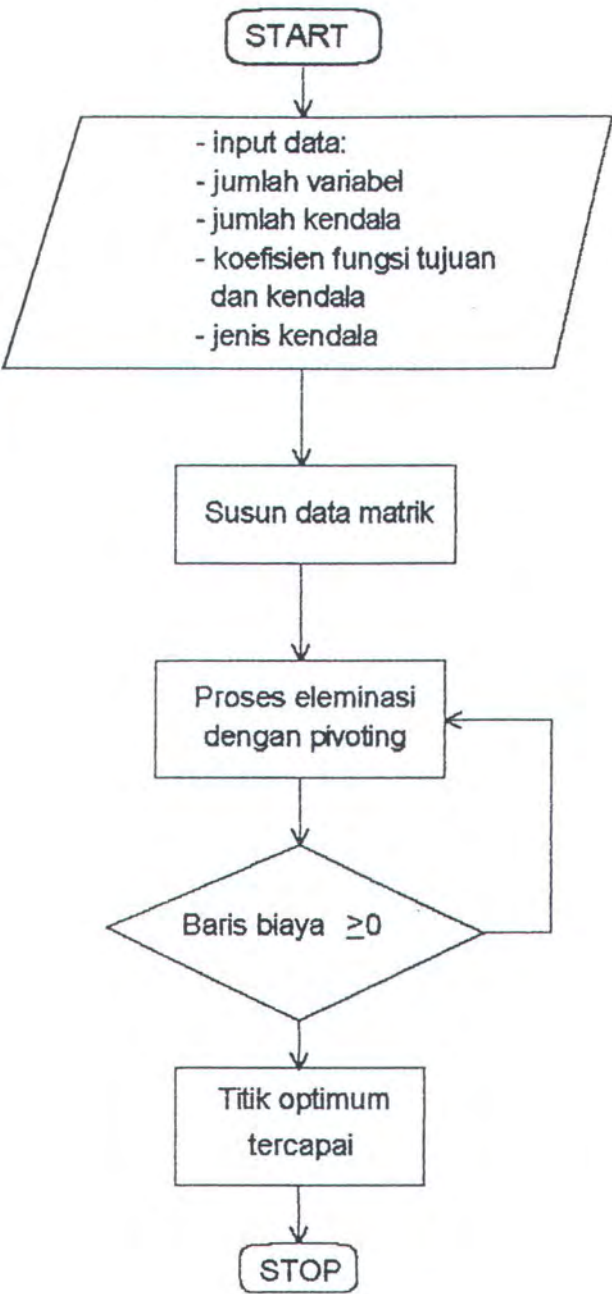
Program yang pertama dibuat untuk menentukan persamaan linier dengan mencari koefisien-koefisiennnya. Data yang diperlukan adalah fungsi yang akan dilinierkan, data awal perubah perancangan (*initial design*), dan yang ketiga adalah fungsi differensial total dari masing-masing fungsi yang akan dilinierkan. Yang menjadi input data adalah perubah awal perancangan. Setelah diperoleh perumusan dalam bentuk fungsi linier, selanjutnya diselesaikan dengan metoda simplek.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pemrograman simplek di sini dapat dijelaskan sebagai berikut :

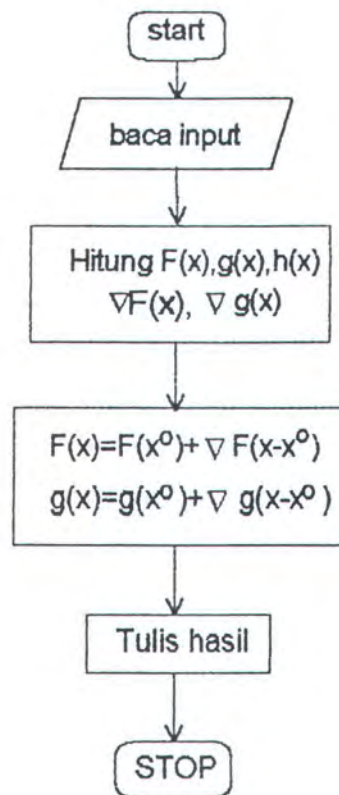
1. Dengan metoda simplek, dilakukan penyusunan matrik yang disusun pada tabel simplek, dapat dilihat pada tabel 2.1.

2. .Berikutnya memilih baris yang mempunyai hasil terbesar negatif untuk masalah minimasi sedang untuk maksimasi yang terbesar positif
3. Selanjutnya dicari baris kunci, yaitu dipilih nilai terkecil masing-masing nilai dari kolom dibagi dengan nilai pada baris fungsi biaya.
4. Perpotongan antara baris biaya dengan kolom hasil selanjutnya disebut sebagai titik pivot. Dari sini dilakukann eliminasi sehingga titik pivot bernilai satu.
5. Langkah berikutnya adalah iterasi kedua yaitu disusun tabel matrik kembali seperti pada langkah sebelumnya.
6. Iterasi dihentikan apabila semua nilai pada baris biaya bernilai positif atau sama dengan nol pada kasus minimasi. Untuk masalah maksimasi iterasi berhenti bila semua nilai pada baris biaya negatif atau sama dengan nol.

Untuk lebih jelasnya tentang proses pemrograman dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram alir pemrograman dengan metode simplek



Gambar 5.2 Diagram alir proses linierisasi dengan ekspansi Taylor

5.2 Pengujian Program

Untuk mengetahui apakah hasil optimasi memenuhi syarat dengan baik, maka perlu diadakan pengujian terhadap hasil running program. Untuk pengujian ini digunakan contoh yang ada pada literatur sebagai pembanding. Yang dijadikan contoh adalah :

$$\text{Maksimumkan : } F(x) = x_1 + 4x_2$$

Atau dapat dirubah menjadi :

$$\text{Minimumkan : } F(x) = -x_1 - 4x_2$$

Dengan kendala :

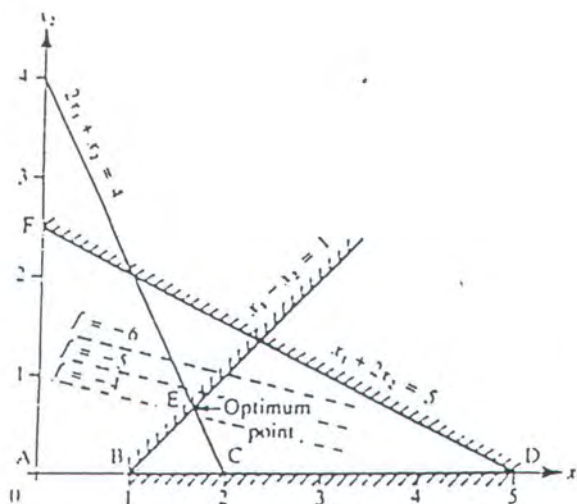
$$x_1 + 2x_2 \leq 5$$

$$2x_1 + x_2 = 4$$

$$x_1 - x_2 \geq 1$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Bentuk grafis dari persamaan di atas adalah :



Gambar 5.3 Penampakan secara grafis kendala permasalahan

Sedang penyelesaiannya dapat dilihat pada tabel 5.1. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa titik minimumnya adalah $-13/3 = -4,3333$. Besarnya $x_1 = 5/3 = 1,6667$ dan $x_2 = 2/3 = 0,6667$. Hasil yang diperoleh ini sama dengan hasil

yang diperoleh dari running program, yang dapat dilihat pada tabel 5.2. Sehingga program ini valid dan bisa dipakai untuk permasalahan selanjutnya.

Tabel 5.1 Penyelesaian dengan tabel simplek

basic ↓	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	b
x_3	1	2	1	0	0	0	5
x_5	2	1	0	0	1	0	4
x_6	1	-1	0	-1	0	1	1
Cost	-1	4	0	0	0	0	f-0
Artificial	-3	0	0	1	0	0	w-5
x_3	0	3	1	1	0	-1	4
x_5	0	3	0	2	1	-2	2
x_1	1	-1	0	-1	0	1	1
Cost	0	-5	0	-1	0	1	f+1
Artificial	0	-3	0	-2	0	3	w-2
x_3	0	0	1	-1	-1	1	2
x_2	0	1	0	2/3	1/3	-2/3	2/3
x_1	1	0	0	-1/3	1/3	1/3	5/3
Cost	0	0	0	7/3	5/3	-7/3	f+13/3
Artificial	0	0	0	0	1	1	w-0

Tabel 5.2 Running program

BENTUK PERUMUSAN LINEAR PROGRAMMING

FUNGSI OBYEKTIF:

MINIMUMKAN $---> Z = -1X_1 - 4X_2$

DENGAN KENDALA:

 $+ 2 X_1 + 1 X_2 = 4$ $+ 1 X_1 + 2 X_2 \leq 5$ $+ 1 X_1 - 1 X_2 \geq 1$

** ITERASI KE 1

Cj	Basic	Hasil	M X 3	0 X 4	M X 5	-1 X 1	-4 X 2	0 X 6
M	X 3	4	1	0	0	2	1	0
0	X 4	5	0	1	0	1	2	0
M	X 5	1	0	0	1	1	-1	-1
<hr/>								
	Zj	5M	1M	0	1M	3M	0	- 1M
	Cj-Zj		0	0	0	-1- 3M	-4	+ 1M

** ITERASI KE 2

Cj	Basic	Hasil	M X 3	0 X 4	M X 5	-1 X 1	-4 X 2	0 X 6
M	X 3	2	1	0	-2	0	3	2
0	X 4	4	0	1	-1	0	3	1
-1	X 1	1	0	0	1	1	-1	-1
<hr/>								
	Zj	-1+ 2M	1M	0	-1- 2M	-1	1+ 3M	1+ 2M
	Cj-Zj		0	0	1+ 3M	0	-5- 3M	-1- 2M

** ITERASI KE 3

Cj	Basic	Hasil	M X 3	0 X 4	M X 5	-1 X 1	-4 X 2	0 X 6
-4	X 2	.67	.33	0	-.67	0	1	.67
0	X 4	2	-1	1	1	0	0	-1
-1	X 1	1.67	.33	0	.33	1	0	-.33
<hr/>								
	Zj	-4.35	-1.65	0	2.35	-1	-4	-2.35
	Cj-Zj		1.65+M	0	-2.35+M	0	0	2.35

HASIL PERHITUNGAN AKHIR:

 $X(X_2) = .67$ $X(X_1) = 1.67$ DENGAN NILAI OPTIMAL (MINIMUM) $--4.333333$



TUGAS AKHIR

BAB VI

ANALISA DAN DISKUSI

BAB VI

ANALISA DAN DISKUSI

6.1 Rancangan Awal

Tahap awal perancangan dimulai dengan menentukan satu rancangan yang digunakan sebagai rancangan awal. Untuk keperluan ini dipilih satu rancangan yang telah ada, dalam hal ini adalah Natomas Storage Barge yang beroperasi di laut Jawa. Barge ini memiliki 12 tangki yang dipisahkan dengan 2 sekat memanjang dan 3 sekat melintang. Secara lebih detil dapat dilihat pada lampiran A.

6.2 Studi Kasus

Berdasarkan data sesuai pada lampiran A, dapat ditentukan fungsi tujuan dan kendala.

Fungsi Tujuan

Maksimumkan :
$$F(x) = \frac{1}{8} \sum \left[\gamma' x_m y_n z (x_i^2 + z_i^2) \right] \quad (6.1)$$

$$F(x) = \frac{1}{9,8} 0,855.23,5 \sum x_m y_n (x_i^2 + (4,08)^2) \quad (6.2)$$

$$F(x) = 68,27 \{ (x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 \} 25796,85 x_4^2 + 2441318,4 x_4$$

Dengan kendala :

$$(x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 - 377,86 x_4^2 + 35758,92 x_4 \geq 8,845 \cdot 10^7$$

$$(x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 - 377,86 x_4^2 + 35758,92 x_4 \leq$$

$$1,116 \cdot 10^8$$

$$(x_4 / 12) \{ y_1^3 (y_1 (y_2 - y_1)^3 + (y_3 - y_2)^3 + 3(y_1 (y_3 - y_1)^2 + (y_2 - y_1) (y_3 - y_2 - y_1)^2 + y_2^2 (y_3 - y_2)) \leq 4,5 \cdot 10^5$$

$$c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \geq 162,75$$

$$c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \leq 178,8$$

$$d_1 + d_2 + d_3 = 40,6$$

$$c_1, c_2, c_2, c_3, c_4, d_1, d_2, d_3 \geq 0$$

Proses optimasi ini berlangsung dua tahap, tahap pertama untuk menentukan panjang masing-masing tangki dan pada tahap kedua menentukan lebarnya. Untuk tahap pertama perumusannya adalah :

Maksimumkan :

$$F(x) = 68,27 \{ (x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 \} 25796,85 x_4^2 + 2441318,4 x_4$$

Dengan kendala :

$$(x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 - 377,86 x_4^2 + 35758,92 x_4 \geq 8,845 \cdot 10^7$$

$$(x_1 - x_3)x_2^2 + (x_2 - x_4)x_3^2 - x_1^2 x_2 + x_3 x_4^2 + x_4^3 - 377,86 x_4^2 + 35758,92 x_4 \leq 1,116 \cdot 10^8$$

$$c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \geq 162,75$$

$$c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \leq 178,8$$

Pada tahap kedua yang diminimumkan adalah momen inersia permukaan bebas muatan cair. Perumusannya adalah :

$$\text{Minimumkan : } F(y) = (x_4 / 12) \{ y_1^3 (y_1 (y_2 - y_1)^3 + (y_3 - y_2)^3 + 3(y_1 (y_3 - y_1)^2 + (y_2 - y_1) (y_3 - y_2 - y_1)^2 + y_2^2 (y_3 - y_2)) \}$$

Dimana x_4 di dapat dari proses optimasi pada tahap pertama.

Pada tahap kedua, kendala yang diterapkan adalah stabilitas dan keterbatasan tempat dalam hal ini adalah lebar. Bentuk perumusannya adalah :

$$d_1 + d_2 + d_3 = 40.6$$

Kendala stabilitas yang harus dipenuhi adalah :

$$GM - GG' \geq 0,04 B$$

dimana harga GM adalah :

$$GM = 0,515(22,5) + 0,0805 \frac{(40,6)^2}{22,5} \left(1 - \frac{3,5 + (178,8/90)}{100} \right) - 0,525(25) \\ = 4,037 \text{ m.}$$

$$4,037 - GG' \geq 1,624$$

$$4,037 - \frac{\gamma' I}{\gamma \nabla} \geq 1,624$$

$$I \leq 4,5 \cdot 10^5$$

$$(x_4 / 12) \{ y_1^3 (y_1 (y_2 - y_1)^3 + (y_3 - y_2)^3 + 3(y_1 (y_3 - y_1)^2 + (y_2 - y_1) (y_3 - y_2 - y_1)^2 + y_2^2 (y_3 - y_2)) \} \leq 4,5 \cdot 10^5$$

Fungsi tujuan dan kendala adalah fungsi panjang dan lebar masing-masing tangki (c_m , d_n). Untuk itu variabel koordinat (x_m , y_n) harus dirubah ke fungsi (c_m , d_n), dengan konversi sebagai berikut :

$$x_1 = c_1$$

$$x_2 = c_1 + c_2$$

$$x_3 = c_1 + c_2 + c_3$$

$$x_4 = c_1 + c_2 + c_3 + c_4$$

$$y_1 = d_1$$

$$y_2 = d_1 + d_2$$

$$y_3 = d_1 + d_2 + d_3$$

Sehingga fungsi tujuan dan kendala dalam fungsi (c_m, d_n) adalah sebagai berikut :

1. Maksimumkan :

$$F(c_m) = 68,27 \{ -(c_2+c_3)(c_1+c_2)^2 - (c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3)^2 - c_1^2(c_1+c_2) + (c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4 - 377,86) + 2441318,4 (c_1+c_2+c_3+c_4) \}$$

Dengan kendala :

$$g_{11}(c) = -(c_2+c_3)(c_1+c_2)^2 - (c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3)^2 - c_1^2(c_1+c_2) + (c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4 - 377,86) + 35758,92 (c_1+c_2+c_3+c_4) \leq 8,845.10^7$$

$$g_{12}(c) = -(c_2+c_3)(c_1+c_2)^2 - (c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3)^2 - c_1^2(c_1+c_2) + (c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4 - 377,86) + 35758,92 (c_1+c_2+c_3+c_4) \geq 1,116.10^8$$

$$(c_1+c_2+c_3+c_4) \{ 3(d_1+d_2)^2(d_2+d_3) + 3(d_1+d_2)(d_1^2 - (d_1+d_2+d_3)^2) + (d_1+d_2+d_3)^3 \} \\ \geq 4,5.10^5$$

$$g_{13}(c) = c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \geq 162,75$$

$$g_{14}(c) = c_1 + c_2 + c_2 + c_3 + c_4 \leq 178,8$$

2. Minimumkan : $F(d) = (x_4 / 12) \{ (d_1^3 + d_2^3 + d_3^3) + 3 (d_1 (d_2+d_3)^2 + d_2 (d_3-d_1)^2 + (d_3) (d_1+d_2)^2) \}$

Dengan Kendala :

$$g_{21}(d) = (x_4 / 12) \{ (d_1^3 + d_2^3 + d_3^3) + 3(d_1(d_2+d_3)^2 + d_2(d_3-d_1)^2 + (d_3(d_1+d_2)^2) \leq 4,5 \cdot 10^5$$

$$(d_1+d_2)^2 \leq 4,5 \cdot 10^5$$

$$h_{21}(d) = d_1 + d_2 + d_3 = 40,6$$

$$d_1, d_2, d_3 \geq 0$$

6.3 Linierisasi Permasalahan Non Linier

$$\Delta f = \begin{bmatrix} 68,27 \{ -2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - 3c_1^2 - 2c_1c_2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 2441318,6 \\ 68,27 \{ -(c_1+c_2)^2 - 2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - c_1^2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 2441318,6 \\ 68,27 \{ -2(c_1+c_2)^2 - (c_1+c_2+c_3)^2 - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 2441318,6 \\ 68,27 \{ -(c_1+c_2+c_3)^2 + (c_1+c_2+c_3+c_4)(3c_1+3c_2+3c_3+2c_4-377,86) \} + 2441318,6 \end{bmatrix}$$

$$\Delta g_1 = \begin{bmatrix} -2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - 3c_1^2 - 2c_1c_2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -(c_1+c_2)^2 - 2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - c_1^2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -2(c_1+c_2)^2 - (c_1+c_2+c_3)^2 - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -(c_1+c_2+c_3)^2 + (c_1+c_2+c_3+c_4)(3c_1+3c_2+3c_3+2c_4-377,86) \} + 35758.92 \end{bmatrix}$$

$$\Delta g_2 = \begin{bmatrix} -2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - 3c_1^2 - 2c_1c_2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -(c_1+c_2)^2 - 2(c_2+c_3)(c_1+c_2) - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) - c_1^2 + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -2(c_1+c_2)^2 - (c_1+c_2+c_3)^2 - 2(c_3+c_4)(c_1+c_2+c_3) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4) \\ (2c_1+2c_2+2c_3+c_4-377,86) + 2(c_1+c_2+c_3+c_4)^2 \} + 35758.92 \\ -(c_1+c_2+c_3)^2 + (c_1+c_2+c_3+c_4)(3c_1+3c_2+3c_3+2c_4-377,86) \} + 35758.92 \end{bmatrix}$$

Teknik linierisasi yang digunakan di sini adalah dengan ekspansi Taylor, seperti telah dijelaskan pada bab 2. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menurunkan fungsi tujuan dan kendala yang non linier secara total.

Untuk mendapatkan persamaan linier, harus ditentukan dulu perubah awal perancangan yang mana diambil dari struktur yang sudah ada (lampiran A).

Besarnya perancangan awal adalah :

$$c^{(0)} = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ c_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 120 \\ 130 \\ 180 \\ 130 \end{bmatrix}$$

Dengan perubah awal perancangan tersebut diperoleh :

$$F_1(c_m) = 8,99e+09$$

$$g_{11}(c_m) = 4,325e+07$$

$$g_{12}(c_m) = 2,009e+07$$

$$h_{11}(c_m) = 560$$

Linierisasi dengan ekspansi Taylor menghasilkan :

$$F_1(c_1, c_2, c_3, c_4) = F_1(c^0) + \nabla F(c - c^0)$$

$$F_1(c_1, c_2, c_3, c_4) = 8,991e9$$

$$+ \begin{bmatrix} 5,557e7 & -3,369e11 & 5,456e7 & -2,391e10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (c_1 - c) \\ (c_2 - c) \\ (c_3 - c) \\ (c_4 - c) \end{bmatrix}$$

$$= 5,557e7.C_3 - 3,369e11.C_2 + 5,456e7.C_3 - 2,391e10.C_4 + 4,69e13$$

$$\begin{aligned}
 g_{11}(c_1, c_2, c_3, c_4) &= g_{11}(c^0) + \nabla g_{11}(c - c^0) \begin{bmatrix} (c_1 - c) \\ (c_2 - c) \\ (c_3 - c) \\ (c_4 - c) \end{bmatrix} \\
 &= 4,325e7 + [8,525e5 \quad 8,5e5 \quad 1,049e8 \quad 5,073e6] \begin{bmatrix} (c_1 - c) \\ (c_2 - c) \\ (c_3 - c) \\ (c_4 - c) \end{bmatrix} \\
 &= 8,525e5.C_1 + 8,5e5.C_2 + 1,049e8.C_3 + 5,073e6.C_4 - 1,913e10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 g_{12}(c_1, c_2, c_3, c_4) &= g_{12}(c^0) + \nabla g_{12}(c - c^0) \\
 &= 2,009e7 + [8,525e5 \quad 8,5e5 \quad 1,049e8 \quad 5,073e6] + \\
 &= 8,525e5.C_1 + 8,5e5.C_2 + 1,049e8.C_3 + 5,073e6.C_4 - 1,9153e10 \geq 0
 \end{aligned}$$

$$h_{11}(c_1, c_2, c_3, c_4) = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 - 586,61 \leq 0$$

$$h_{11}(c_1, c_2, c_3, c_4) = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 - 533,82 \geq 0$$

$$\begin{aligned}
 F_2(d_1, d_2, d_3) &= F_2(c^0) + \nabla F_2(d - d^0) \\
 &= 3,7058e5 + [6,71e4 \quad 6.86e4 \quad 6.71e4] + \begin{bmatrix} (d_1 - 13.1) \\ (d_2 - 14.4) \\ (d_3 - 13.1) \end{bmatrix} \\
 &= -2,376e6 + 6,71e4 d_1 + 6.86e4 d_2 + 6.71e4 d_3
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama di dapat :

$$g_{21}(d_1, d_2, d_3) = -2,826e6 + 6,71e4 d_1 + 6.86e4 d_2 + 6.71e4 d_3 \leq 0$$

$$h_{21}(d) = d_1 + d_2 + d_3 - 40.6 = 0$$

6.4 Analisa Hasil

Dari hasil running program yang terdapat pada lampiran B di dapatkan hasil sebagai berikut :

$$c1 = 133.56548 = 40,71 \text{ m}$$

$$c2 = 133.67709 = 40,74 \text{ m}$$

$$c3 = 133.61656 = 40,72 \text{ m}$$

$$c4 = 133.66351 = 40,74 \text{ m}$$

$$F1 = 7.6189625e+09$$

$$d1 = 13.53333 \text{ m}$$

$$d2 = 13.533333 \text{ m}$$

$$d3 = 13.533333 \text{ m}$$

$$F2 = 152436.67 \text{ m}$$

Untuk momen inersia terdapat perbedaan sebesar :

$$(7.62e+09 - 3,4e09) / (7.62e+09) \times 100\%$$

$$= 55 \%$$

Sedang momen inersia permukaan bebas terdapat perbedaan :

$$(152436,67 - 170000) - (170000)$$

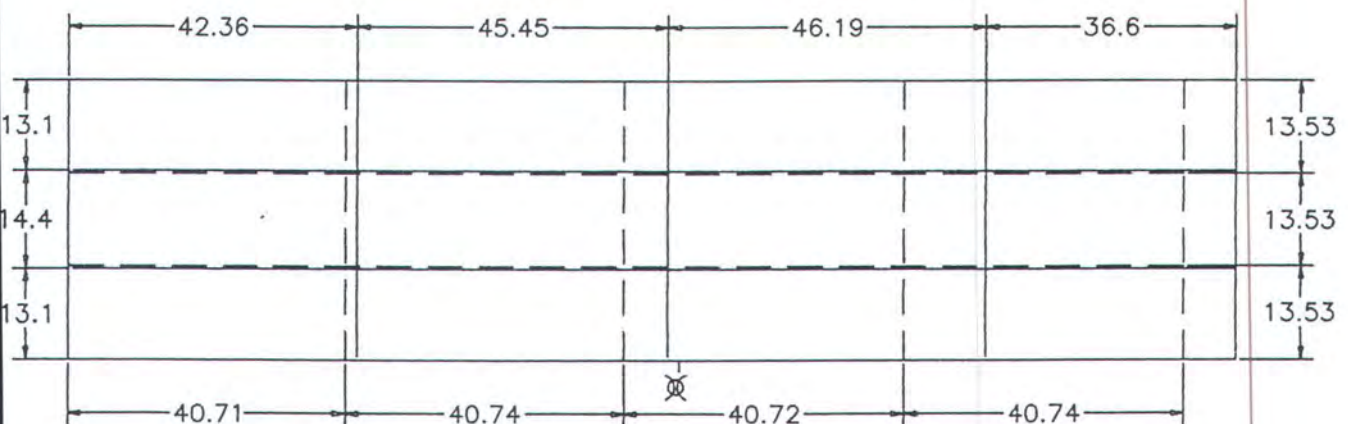
$$= 10,33 \%$$

Untuk volume terjadi pengurangan sebesar

$$\frac{(171,32.40,6.23,5)-(162,95.40,6.23,5)}{(171,32.40,6.23,5)} \times 100\% = 4,88\%$$

Jadi memenuhi dari toleransi yang telah ditetapkan sebesar 5%.

Berikut ini adalah gambar tangki sesudah dan sebelum dioptimumkan (tampak atas).



Keterangan :

----- = Sesudah dioptimumkan

_____ = Sebelum dioptimumkan

Gambar 6.1 Tampak atas barge sebelum dan sesudah dioptimumkan



TUGAS AKHIR

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil running program dapat ditarik kesimpulan :

1. Pada proses optimasi timbul *slack variable* sehingga *resources limit* dalam hal ini panjang storage barge tidak bisa dimanfaatkan secara maksimal. Akibatnya terjadi pengurangan volume yang besarnya 4,88%. Kejadian ini dapat dihindari apabila proses optimasi dilakukan bersamaan dengan penentuan dimensi utama dari storage barge pada tahap awal perancangan.
2. Tata letak sekat pada storage barge berpengaruh terhadap momen inersia dan periode gerakan struktur serta stabilitasnya. Dari studi optimasi pada kasus ini terjadi perubahan sebesar 55% terhadap momen inersia dan momen inersia permukaan bebas sebesar 10,33 %.
3. Dengan pengoptimasian dimensi tangki muatan cair dapat dikontrol respon dari struktur dalam hal ini adalah periode gerakan pitching. Hal ini sangat bermanfaat sekali dimana sumber utama ketidaknyamanan

fisik di atas struktur apung di laut adalah akibat gerakan heaving dan pitching, sehingga sebagai akibat lebih lanjut dapat meningkatkan produktifitas pekerja di atas barge.

7.2 Saran

Proses optimasi dalam tugas akhir ini dilakukan pada tahap struktur sudah jadi dalam pengertian semua dimensinya sudah ditetapkan, tinggal penentuan dimensi masing-masing tangki dalam hal ini dipengaruhi oleh tata letak. Hal ini tentunya akan lebih baik jika proses optimasi dilakukan secara terpadu pada tahap awal perancangan, misalnya pertimbangan tentang kapasitas produksi, penentuan ukuran utama, aspek ekonomi, tata letak sistem dan perlengkapan, dll. Sehingga diperoleh suatu rancangan yang lebih optimal secara terpadu.

Penyelesaian optimasi di sini dilakukan dengan linier programming yang diselesaikan dengan metode simplek. Hal ini kurang sesuai diterapkan untuk permasalahan yang melibatkan jumlah variabel dan kendala yang banyak dan bentuk persamaannya non linier, karena pada tahap awal harus dilakukan linierisasi yaitu dengan menurunkan secara total. Hal ini memerlukan ketelitian yang tinggi disamping itu untuk visualisasi tabel simplek pada kasus tertentu kurang baik karena terbatas oleh lebar layar komputer dan ukuran kertas. Sehingga untuk pemakaian selanjutnya dapat dipakai teknik pemrograman optimasi yang lain misalnya *SUMT*.



TUGAS AKHIR

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Arora, Jasbir S., **Introduction to Optimum Design**, Mc. Graw Hill Inc., Singapore, 1989
2. A.W. Gilfillan, **Preliminary Design by Computer**, Trans. IESS, vol 110, 1967
3. Bhattacharyya.R, **Dynamics of Marine Vehicles**, John Willey & Sons, Inc., Canada, 1978
4. Chakrabarti, S. K., **Hydrodynamics of Offshore Structure**, CBI Industries Inc., Illinois, 1987
5. Murtedjo, M., **Teori Gerak Kapal**, Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya 1975
6. Vanderplaats, Garet N., **Numerical Optimization Techniques for Engineering Design With Application**, Mc. Graw Hill Inc., New York, 1984



TUGAS AKHIR

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

NATOMAS STORAGE BARGE

Tabel A-1
DATA STORAGE BARGE

UKURAN UTAMA			
Panjang	L_{pp}	=	178.8 m
Lebar	B_{max}	=	40.6 m
Displacemen	Δ	=	159,682 Ton
Sarat	T	=	22,5 m
Tinggi	H	=	25 m
Koefisien Blok	C_b	=	0,952
Kefisien Midship	C_m	=	0,998
LCG		=	+5,46 m
LCB		=	+2,18 m

Tabel A-2 . Data gelombang

	Storage Terminal (Occupied)	Export Terminal (Unoccupied)*
Maximum Wave Height	33.5 Feet	33.5 Feet
Wave Period	10.0 Seconds	10.0 Seconds
Length of Maximum Wave	496.0 Feet	496.0 Feet
Maximum Current	3.0 Knots	3.0 Knots
Maximum Wind Velocity (1 minute sustained)	68.4 Knots	65.0 Knots
Total Tide	5.1 Feet	4.0 Feet
Water Depth including Tide	125.0 Feet	120.0 Feet

1

1. GENERAL

Owner	NATOMAS COMPANY		
Kind of ship	Oil Storage Barge		
Plying Area	Java Sea		
Classification	Rules for Building and Classing Barges for Offshore Service 1867-1967 of the American Bureau of shipping and Class # Al Cil Barge, Storage Service		
Rules & Regulations	(1) International Convention on Load Lines, 1966 (For Towing Condition only) (2) International Convention for Safety of Life at Sea, 1960, as applied to tankers as far as practicable (3) Laws of Liberia as applicable (4) Laws of Indonesia as applicable		
Registration	Port	Official number	Call letter
	Monrovia	4351	-
Date	Keel laying	Launching	Delivery
	Jun. 26, 1972	Sept. 24, 1972	Dec. 11, 1972

2. PRINCIPAL DIMENSION

Length	o. a.	183.60 m	Registered 602.50 FT
	between fore and aft trunks	178.80 m	
Breadth	mld.	40.60 m	Registered 133.35 FT
Depth	mld.	25.00 m	Registered 82.30 FT
Draught	mld. (designed)	22.50 m	ext. 22.5235 m

3. TONNAGE

	Liberian
Gross tonnage	61,228.93 T
Net tonnage	59,770. T

4. DEADWEIGHT

(*)		Freeboard	Draught	Deadweight	Displace't
Tropical fresh water	TF	48'-5 3/4"	10.267 m	-	-
Fresh water	F	49'-2 1/4"	10.051 m	-	-
Tropical	T	49'-3 1/4"	10.025 m	-	-
Summer	S	49'-11 1/4"	9.822 m	-	-
Winter	W	50'-7 1/4"	9.619 m	-	-
Winter North Atlantic	WNA	-	-	-	-
Deadweight corresponding to moulded draught 22.50m		-	22,5235 m	143,391 t	159,682 t
(*) Freeboard for Delivery Voyage from Hiroshima Japan to Djakarta, Indonesia					

2

5. CAPACITY

Cargo capacity	Cargo hold	Bale	-
		Grain	-
	Cargo oil tank	100 %	163,455 m ³ = 1,028,096 BBL
Tank capacity	Fuel oil	100 %	1,413 m ³ = 10,146 BBL
	Fresh water	100 %	198 m ³
	Feed & Distilled water	100 %	-
	Ballast water (Exclusive)	100 %	-
	Ballast water (Total)	100 %	163,455 m ³
	Slop tank	100 %	5,312 m ³

6. TWEEN DECK HEIGHT, ETC.

Sheer	at A.P. at F.P. Centerline no sheer
Camber	Upper deck... 0.859m. (Straight camber with flat at center) for 40.60m Helicopter deck and above upp. dk.... Nil
Deck height	Upper deck - 1st floor (at center)..... 3.65m (abt. 11'-11 3/4")
	1st floor - 2nd floor (")..... 2.85m (abt. 9'-4 1/4")
	2nd floor - 3rd floor (")..... " (")
	3rd floor - helicopter deck (").... " (")
	Upper deck - engine room flat (") 2.50m (abt. 8'-2 1/2")
	Engine room flat - engine room top(") 6.50m (abt. 21'- 4")
	Engine room flat - casing top (") 4.50m (abt. 14'-9 1/4") (in way of work shop, eng. store, swich board room, eng. control room)

7. COMPLEMENT

Accommodated in		
single room	2-person room	4 person room
10 x 1P ... 10	17 x 2P ... 34	3 x 4P... 12

Officers & Crew total

- Persons

Others

- Persons

Grand total

56 Persons

3

8. CRANE

Position	Type	Capacity
At midship & aft	Model 30 ROTO - CRANE	19.4 t x 2
At midship	Elect. chain block with geared trolley	15t x 2

9. CARGO OIL & BALLAST SYSTEM

			Main system	Stripping system
Cargo Oil	Pump	Type	Vertical centri. (deep well type with stripp. device)	Vertical centri. (deep well type)
		No.	3	1
		Cap.	2,225m ³ /h x 151m T.R.	150m ³ /h x 50m T.R.
	Piping	in Tk. Main : 550 mm ϕ x 3 Branch : independent 450mm ϕ on Dk. Loading line: 300mm ϕ Discharge: 900 mm ϕ x 1		
Recirculation	Pump	Type	Vertical centri. (deep well type)	
		No.	2	
		Cap.	150 m ³ /h x 50 m T.R.	
	Piping	200 mm ϕ on deck		

10. DECK MACHINERY

Item	No.	Type	Capacity
Capstan	1	Hydraulic	2t x 20 m/min.
Anchor winch	1	Steam, enclosed type	30t x 9 m/min. (320 mm x 320 mm)
Ref. machine (Prov.)	2	R-22 direct expansion	5,450 Kcal/h
		Motor driven multi-cyl.	
Ref. machine (Air con.)	2	R-22 direct expansion	197,000 Kcal/h
		Chilling water cooling type	
		& pre-heating system	

CAPACITY TABLE						
ITEM COMPARTMENT	CAPACITIES(100% FULL)			WEIGHT (t)	KG (m)	KG (m)
	M ³	DBL	FT ³			
CARGO OIL:-(S.G.: 0.855 EXP.: 0.98)						
NO.1 CARGO OIL TK.(C)	15,300	96,234	540,320	12,820	-67.12	12.89
NO.2 " " " (")	10,500	66,043	370,808	8,790	-31.80	12.88
NO.3 " " " (")	13,500	84,912	476,753	11,310	21.74	13.26
NO.4 " " " (")	15,000	94,347	529,725	12,570	60.60	12.88
SUM	54,300	341,536	1,917,606	45,490		
NO.1 CARGO OIL TK.(P+)	21,500	135,230	759,273	18,010	-62.20	12.68
NO.2 " " " (")	28,200	177,372	995,883	23,630	-24.60	12.68
NO.3 " " " (")	28,200	177,372	995,883	23,630	18.60	12.68
NO.4 " " " (")	30,400	191,209	1,073,576	25,470	63.60	12.68
SUM	108,300	681,183	3,824,615	90,740		
CARGO OIL TANK TOTAL	162,600	1,022,719	5,742,221	136,230		
(S.G.: 1.000)						
SLOP TANK (C)	5,200	32,707	183,638	5,200	-10.20	12.88
FUEL OIL:-(S.G.: 0.85 D.O.: 0.95 EXP.: 0.98 R.O.: 1.00)						
Diesel Oil Tank(1ft)	1,300	8,177	45,910	1,083	83.31	13.39
D.O. Serv. Tank(In)	20	126	706	17	37.80	31.11
" " " (Out)	20	126	706	17	37.80	31.11
D.O. Inspect. Tank	25	157	883	21	38.70	33.61
R.O. Stor. Tank(In)	80	503	2,825	76	30.58	30.13
" " " (Out)	80	503	2,825	76	30.58	30.13
R.O. Inspect. Tank	50	315	1,766	43	31.50	34.21
SUM	1,975	9,907	55,621	1,338		
FRESH WATER:-(S.G.: 1.000)						
FRESH WATER TANK	200	1,258	7,064	200	35.40	30.66

SUMMARY OF LOADING CONDITION

2

CASE NO.	(1)	(2)	(3)	(4)
CONDITION				
ITEM		MEDIUM	HEAVY BALLAST	dm=4.8m BALLAST
BALLAST WATER				
FUEL OIL				
FRESH WATER				
NO. 1 C.O.T.	1,180	9,450	15,680	6,416
NO. 2 "			10,750	
NO. 3 "			13,840	
NO. 4 "				
NO. 1 C.O.T. (POS)				
NO. 2 " (")				
NO. 3 " (")				
NO. 4 " (")	2,488	14,046	21,845	10,000
CASE NO. SUM (t)	7,806	74,516	62,711	16,416
DIESEL OIL WINK(AFT)				
D.O. SERV. TANK (IN)	17	17	17	17
" " (OUT)	17	17	17	17
D.O. INSPECT. TANK				
R.O. STOR. TANK (IN)				
" " (OUT)				
R.O. INSPECT. TANK				
DIESEL OIL SUM (t)	72	74	74	74
FRESH WATER TANK	100	100	100	100
SLOD TANK (IN)				
CONC. T. (IN)	150	150	150	150
DEAD WEIGHT (t)	3,950	23,870	45,500	16,700
LIGHT WEIGHT (t)	17,000	17,000	17,000	17,000
DISPLACEMENT (t)	20,950	40,870	62,500	33,700
DRAUGHT (m)	2.50	4.80	5.60	4.00
PERMANENT	2.50	4.80	5.60	5.60
APFT	2.00	5.80	9.80	4.80
MEAN	2.00	5.80	9.80	4.80
TRIM BY THE STERN (m)	1.00	2.00	2.98	1.60
BP (m)	1.00	2.10	2.18	2.05
EG (m)	0.75	0.75	5.00	6.55
BG (m)	2.65	4.65	2.83	4.50
MP (m)	1.95	2.35	2.36	2.36
M.P.C. (t-m)	975.2	948.1	948.1	948.1
T.P.C. (t)	71.2	71.1	71.1	71.7
KN (m)	25.50	25.02	19.53	30.39
KG (m)	13.35	10.16	15.83	10.30
GM (m)	12.15	15.00	3.70	20.09
CGC (m)	1.35	0.70	0.29	0.84
GC (m)	31.72	14.85	3.41	19.25
DYNAMICAL STABILITY	321 FT-DEG.	593 FT-DEG.	102 FT-DEG.	543 FT-DEG.
to angle of max. righting				
from 0 to 60 degrees				
ALLOWABLE DYNAMICAL STABILITY > 15 foot-deg				

CINTA NATOMAS

6/

CAPACITY TABLE

ITEM COMPARTMENT	CAPACITIES (100% FULL)			WEIGHT (t)	SALT WATER (t)	EG (m)	KG (m)
	M ³	BRL	FT ³				
CARGO OIL: - (S.G.: 0.855 EXP.: 0.98) SALT WATER: - (S.G.: 1.025)							
No.1 CARGO OIL TK (c)	15,383	96,756	543,246	12,889	15,768	-67.04	12.87
No.2 " " " (")	10,636	66,835	375,254	8,604	11,892	-31.80	12.87
No.3 " " " (")	11,567	85,313	479,114	11,368	13,906	-21.74	13.25
No.4 " " " (")	15,051	94,667	531,521	12,611	15,427	-60.60	12.87
SUM	54,627	343,591	1,929,135	45,772	55,993	-	-
No.1 CARGO OIL TANK(P+4)	21,508	135,281	759,548	18,022	22,046	-22.84	12.67
No.2 " " " (")	28,320	178,127	1,000,111	23,720	29,028	-24.00	12.67
No.3 " " " (")	28,320	178,127	1,000,111	23,720	29,028	-19.60	12.67
No.4 " " " (")	10,689	68,970	383,454	9,187	11,447	-53.60	12.67
SUM	108,828	684,505	3,843,224	91,187	111,549	-	-
CARGO OIL TANK TOTAL	163,455	1,028,096	5,772,359	136,959	167,542	-	-
(S.G.: 1.000)							
HOP TANK (c)	5,312	33,411	187,592	5,312	5,445	-10.20	12.87
FUEL OIL: - (S.G.: 0.85 EXP. P.O. 0.22 R.O. 0.95 R.O. 1.30)							
DIESEL OIL TANK (APT)	1,318	8,290	46,545	1,098	-	83.31	13.37
D. O. SERV. TANK (IN)	20	126	706	17	-	37.80	11.11
" " " (OUT)	20	126	706	17	-	37.80	11.11
D. O. INSPECT. TANK	25	157	883	21	-	39.70	13.51
R. O. STOR. TANK (IN)	92	579	3,249	87	-	30.58	10.17
" " " (OUT)	92	579	3,249	87	-	30.58	10.13
R. O. INSPECT. TANK	40	289	1,624	44	-	31.50	11.21
SUM	1,613	10,140	56,962	1,371	-	-	-
FRESH WATER: - (S.G.: 1.000)							
FRESH WATER TANK (P)	99	-	3,500	99	-	35.40	10.66
" " " (S)	99	-	3,500	99	-	35.40	10.66
SUM	198	-	7,000	198	-	-	-
EQUIVALENTS: - 1 M ³ = 6.28978 BRL = 35.31467 FT ³							

中船社 00044

LAMPIRAN B
PROGRAM OPTIMASI


```

INPUT "MASUKKAN NAMA FILE HASIL "; NS
OPEN NS FOR OUTPUT AS #1

10 PRINT #1, " *****"
20 PRINT #1, " * LINEAR PROGRAMMING METODA SIMPLEX * "
30 PRINT #1, " * Programmer : Bachtiar * "
40 PRINT #1, " *****"
50 PRINT #1,
60 INPUT "MAKSIMUM ATAU MINIMUM "; MS
65 PRINT #1, "MAKSIMUM ATAU MINIMUM ? "; MS
70 PRINT
75 INPUT "Tabel Simplek dimasukkan atau tidak <Y/T>"; QS
76 PRINT #1, "Tabel Simplek dimasukkan atau tidak <Y/T> "; QS
80 IF MS = "MAKSIMUM" THEN F = 1 ELSE F = -1
90 PRINT "JUMLAH VARIABEL"; " "; : INPUT N
91 PRINT #1,
95 PRINT #1, "JUMLAH VARIABEL "; " " = "; N
100 FOR I = 1 TO N
110 PRINT "NAMA VARIABEL"; I; : INPUT NS(I)
111 PRINT #1, "NAMA VARIABEL "; I; " = "; NS(I)
120 NEXT I
130 PRINT
131 PRINT #1,
139 INPUT "JUMLAH KENDALA = ADALAH "; SD
140 PRINT #1, "JUMLAH KENDALA = ADALAH"; SD
149 PRINT "JUMLAH KENDALA <= ADALAH"; : INPUT LKSD
150 PRINT #1, "JUMLAH KENDALA <= ADALAH"; LKSD
159 PRINT "JUMLAH KENDALA >= ADALAH"; : INPUT LBSD
160 PRINT #1, "JUMLAH KENDALA >= ADALAH"; LBSD
170 REM *MEMASUKKAN NILAI KOEFISIEN FUNGSI OBYEKTIF*
180 B = SD + LKSD
190 B1 = B + LBSD: B3 = B1 + LBSD + N
200 DIM A(B1, B3), C(B3), C1(B1), X(B3), X1(B1), Z(B3), CZ(B3), CS(B3)
210 IF QS <> "Y" THEN 230
220 DIM Z1(B3), Z2(B3), C1$(B1), T$(B3), Z$(B3), CZ$(B3)
230 PRINT
231 PRINT #1,
240 FOR J = B1 + 1 TO B1 + N
250 PRINT "KOEFISIEN FUNGSI OBYEKTIF"; J - B1; : INPUT CS(J)
251 PRINT #1, "KOEFISIEN FUNGSI OBYEKTIF"; J - B1; " = "; CS(J)
270 C(J) = VAL(CS(J))
280 X(J) = J - B1
290 NEXT J
300 REM *DATA ELEMEN MATRIK*
310 FOR I = 1 TO B1
320 K = 0
330 PRINT
331 PRINT #1,
340 FOR J = B1 + 1 TO B1 + N
350 K = K + 1
360 PRINT "a("; I; ", "; K; ")";
370 INPUT A(I, J)
371 PRINT #1, "a("; I; ", "; K; ")"; " = "; A(I, J)
380 NEXT J
390 PRINT "NILAI RUAS KANAN"; I; : INPUT A(I, 0)
391 PRINT #1, "NILAI RUAS KANAN"; I; " = "; A(I, 0)
400 NEXT I
410 PRINT
411 PRINT #1,
420 M = 1000000!
435 IF QS = "T" THEN 750
450 PRINT
451 PRINT #1,
460 PRINT "BENTUK PERUMUSAN LINEAR PROGRAMMING "
461 PRINT #1, "BENTUK PERUMUSAN LINEAR PROGRAMMING "
470 PRINT "-----"
471 PRINT #1, "-----"
480 PRINT "FUNGSI OBYEKTIF:"
481 PRINT #1, "FUNGSI OBYEKTIF:"
490 PRINT MS; "KAN ---> Z = ";
491 PRINT #1, MS; "KAN ---> Z = ";
500 FOR J = B1 + 1 TO B1 + N
510 IF C(J) > 0 THEN T$ = "+" ELSE T$ = "-"
520 PRINT T$ + CS(J) + "X"; J - B1;
521 PRINT #1, T$ + CS(J) + "X"; J - B1;
530 NEXT J
540 PRINT
541 PRINT #1,
550 PRINT "DENGAN KENDALA:"
551 PRINT #1, "DENGAN KENDALA:"
560 K = 0
570 I = 1

```

```

580 IF K = SD THEN 630
590 GOSUB 2810
600 PRINT TAB(12 + (N - 1) * 10); "=";
601 PRINT #1, TAB(12 + (N - 1) * 10); "=";
610 GOSUB 2890
620 GOTO 580
630 K = 0
640 IF K = LKSD THEN 690
650 GOSUB 2810
660 PRINT TAB(12 + (N - 1) * 10); "<=";
661 PRINT #1, TAB(12 + (N - 1) * 10); "<=";
670 GOSUB 2890
680 GOTO 640
690 K = 0
700 IF K = LBSD THEN 750
710 GOSUB 2810
720 PRINT TAB(12 + (N - 1) * 10); ">=";
721 PRINT #1, TAB(12 + (N - 1) * 10); ">=";
730 GOSUB 2890
740 GOTO 700
750 PRINT
751 PRINT #1,
755 REM ** MENYUSUN MATRIK **
760 IF SD = 0 THEN 840
770 FOR I = 1 TO SD
780 X(I) = I + N
790 X1(I) = X(I)
800 C(I) = M
810 C1(I) = M
820 A(I, I) = 1
830 NEXT I
840 IF LKSD = 0 THEN 930
850 FOR I = SD + 1 TO B
860 X(I) = I + N
870 X1(I) = X(I)
880 C(I) = 0
890 C1(I) = C(I)
900 A(I, I) = 1
910 NEXT I
920 IF LBSD = 0 THEN 1100
930 K = 0
940 FOR I = B + 1 TO B1
950 K = K + 2
960 X(I) = B + 1 + K
970 X1(I) = X(I)
980 C(I) = M
990 C1(I) = C(I)
1000 A(I, I) = 1
1010 NEXT I
1020 K = 0
1030 B2 = B
1040 FOR I = B1 + N + 1 TO B3
1050 K = K + 2: X(I) = B + 2 + K
1060 B2 = B2 + 1
1070 C(I) = 0
1080 A(B2, I) = -1
1090 NEXT I
1100 IF QS <> "Y" THEN 1300
1110 IF SD = 0 THEN 1160
1120 FOR I = 1 TO SD
1130 CS(I) = "M"
1140 C1S(I) = "M"
1150 NEXT I
1160 IF LKSD = 0 THEN 1200
1170 FOR I = SD + 1 TO B
1180 CS(I) = "0"
1190 C1S(I) = "0"
1200 NEXT I
1210 IF LBSD = 0 THEN 1290
1220 FOR I = B + 1 TO B1
1230 CS(I) = "M"
1240 C1S(I) = "M"
1250 NEXT I
1260 FOR I = B1 + N + 1 TO B3
1270 CS(I) = "0"
1280 NEXT I
1290 REM
1300 REM * MENGHITUNG NILAI Zj *
1310 FOR J = 0 TO B3
1320 Z(J) = 0
1330 FOR I = 1 TO B1
1340 Z(J) = Z(J) + A(I, J) * C1(I)

```



```

1350 NEXT I
1360 REM * MENGHITUNG NILAI Cj-Zj *
1370 CZ(J) = C(J) - Z(J)
1380 NEXT J
1390 IF QS <> "Y" THEN 2310
1400 PRINT
1401 PRINT #1,
1410 IT = IT + 1
1420 PRINT "*** ITERASI KE"; IT
1421 PRINT #1, "*** ITERASI KE"; IT
1430 PRINT "-----"
1431 PRINT #1, "-----"
1440 PRINT TAB(2); "Cj";
1441 PRINT #1, TAB(2); "Cj";
1450 FOR I = 1 TO B3
1460 PRINT TAB(20 + 9 * I); CS(I);
1461 PRINT #1, TAB(20 + 9 * I); CS(I);
1470 NEXT I
1480 PRINT
1481 PRINT #1,
1490 PRINT TAB(10); "Basic"; TAB(19); "Hasil";
1491 PRINT #1, TAB(10); "Basic"; TAB(19); "Hasil";
1500 FOR I = 1 TO B3
1510 PRINT TAB(19 + 9 * I); "X"; X(I);
1511 PRINT #1, TAB(19 + 9 * I); "X"; X(I);
1520 NEXT I
1530 PRINT
1531 PRINT #1,
1540 FOR I = 1 TO B1
1550 PRINT TAB(2); C1$(I); TAB(12); "X"; X1(I);
1551 PRINT #1, TAB(2); C1$(I); TAB(12); "X"; X1(I);
1560 FOR J = 0 TO B3
1570 A(I, J) = INT(A(I, J) * 100 + .5) / 100
1580 PRINT TAB(19 + 9 * J); A(I, J);
1581 PRINT #1, TAB(19 + 9 * J); A(I, J);
1590 NEXT J
1600 NEXT I
1610 PRINT TAB(8); STRING$(B3 + 2) * 9, "-"
1611 PRINT #1, TAB(8); STRING$(B3 + 2) * 9, "-"
1620 FOR J = 0 TO B3
1630 Z2(J) = 0: Z1(J) = 0
1640 FOR I = 1 TO B1
1650 IF C1$(I) = "M" THEN 1680
1660 Z2(J) = Z2(J) + A(I, J) * C1(I)
1670 GOTO 1690
1680 Z1(J) = Z1(J) + A(I, J)
1690 NEXT I
1700 IF Z1(J) > 0 THEN 1740
1710 IF Z1(J) < 0 THEN 1760
1720 TS(J) = ""
1730 GOTO 1770
1740 TS(J) = "+"
1750 GOTO 1770
1760 TS(J) = "-"
1770 NEXT J
1780 TS = ""
1790 PRINT TAB(12); "Zj";
1791 PRINT #1, TAB(12); "Zj";
1800 FOR J = 0 TO B3
1810 IF Z2(J) = 0 THEN 1870
1820 IF TS(J) = "" THEN 1850
1830 Z$(J) = STR$(Z2(J)) + TS(J) + STR$(ABS(Z1(J))) + "M"
1840 GOTO 1930
1850 Z$(J) = STR$(Z2(J))
1860 GOTO 1930
1870 IF TS(J) = "" THEN 1920
1880 Z$(J) = STR$(ABS(Z1(J))) + "M"
1890 IF TS(J) = "+" THEN 1930
1900 Z$(J) = TS(J) + Z$(J)
1910 GOTO 1930
1920 Z$(J) = STR$(Z2(J))
1930 PRINT TAB(19 + 9 * J); Z$(J);
1931 PRINT #1, TAB(19 + 9 * J); Z$(J);
1940 NEXT J
1950 PRINT
1951 PRINT #1,
1960 PRINT TAB(10); "Cj-Zj";
1961 PRINT #1, TAB(10); "Cj-Zj";
1970 FOR J = 1 TO B3
1980 IF CS(J) = "M" THEN 2120
1990 CZ2 = C(J) - Z2(J)
2000 IF CZ2 = 0 THEN 2030

```

```

2010 CZ$ = STR$(CZ2)
2020 GOTO 2040
2030 CZ$ = ""
2040 IF T$(J) = "" THEN 2100
2050 IF T$(J) = "+" THEN 2080
2060 CZ$(J) = CZ$ + "+" + STR$(ABS(Z1(J))) + "M"
2070 GOTO 2280
2080 CZ$(J) = CZ$ + "-" + STR$(ABS(Z1(J))) + "M"
2090 GOTO 2280
2100 CZ$(J) = STR$(CZ2)
2110 GOTO 2280
2120 IF T$(J) = "" THEN 2250
2130 CZ1 = 1 - Z1(J)
2140 CZ$(J) = STR$(-Z2(J))
2150 IF Z2(J) = 0 THEN 2170
2160 GOTO 2180
2170 IF CZ1 <> 0 THEN CZ$(J) = ""
2180 IF CZ1 > 0 THEN T$(J) = "+": GOTO 2220
2190 IF CZ1 < 0 THEN T$(J) = "-" ELSE T$(J) = ""
2200 CZ$(J) = STR$(-Z2(J))
2210 IF T$(J) = "" THEN 2280
2220 CZ$(J) = CZ$(J) + T$(J) + STR$(ABS(CZ1)) + "M"
2230 GOTO 2280
2240 IF C(J) = M THEN 2300
2250 CZ$(J) = "M"
2260 IF Z2(J) = 0 THEN 2280
2270 CZ$(J) = STR$(-Z2(J)) + "+" + CZ$(J)
2280 PRINT TAB(19 + 9 * J); CZ$(J);
2281 PRINT #1, TAB(19 + 9 * J); CZ$(J);
2290 NEXT J
2300 PRINT
2301 PRINT #1,
2310 REM * MENCARI AKHIR ITERASI *
2320 REM BILA SEMUA NILAI Zj-Cj<=0
2330 FOR J = 1 TO B3
2340 IF CZ(J) * F > 0 THEN 2460
2350 NEXT J
2360 REM * ITERASI SELESAI *
2370 PRINT
2371 PRINT #1,
2380 PRINT "HASIL PERHITUNGAN AKHIR: "
2381 PRINT #1, "HASIL PERHITUNGAN AKHIR: "
2390 FOR I = 1 TO B1
2400 IF X1(I) > N THEN 2420
2410 PRINT N$(X1(I)); "(X"; X1(I); ")="; A(I, 0)
2411 PRINT #1, N$(X1(I)); "(X"; X1(I); ")="; A(I, 0)
2420 NEXT I
2430 PRINT
2431 PRINT #1,
2440 PRINT "DENGAN NILAI OPTIMAL ("; M$; ")="; Z(0)
2441 PRINT #1, "DENGAN NILAI OPTIMAL ("; M$; ")="; Z(0)
2450 END
2460 REM * MENCARI KOLOM KUNCI *
2470 CZ = CZ(1) * F
2480 FOR J = 1 TO B3
2490 IF CZ > CZ(J) * F THEN 2520
2500 CZ = CZ(J) * F
2510 KK = J
2520 NEXT J
2530 REM * MENCARI BARIS KUNCI *
2540 A = M
2550 BK = 0
2560 FOR I = 1 TO B1
2570 IF A(I, KK) <= 0 THEN 2620
2580 X = A(I, 0) / A(I, KK)
2590 IF A < X THEN 2620
2600 A = X
2610 BK = I
2620 NEXT I
2630 IF BK = 0 THEN PRINT "TIDAK ADA PENYELESAIAN": STOP
2640 X1(BK) = X(KK)
2650 C1(BK) = C(KK)
2660 C1$(BK) = C$(KK)
2670 REM PIVOT POINT ADALAH A(BK, KK)
2680 REM TRANSFORMASI
2690 A = A(BK, KK)
2700 FOR J = 0 TO B3
2710 A(BK, J) = A(BK, J) / A
2720 NEXT J
2730 FOR I = 1 TO B1
2740 A = A(I, KK)
2750 IF I = BK THEN 2790

```



```
2760     FOR J = 0 TO B3
2770         A(I, J) = A(I, J) - A * A(BK, J)
2780     NEXT J
2790 NEXT I
2800 GOTO 1290
2810 FOR J = B1 + 1 TO B1 + N
2820 IF A(I, J) > 0 THEN TS = "+"
2830 IF A(I, J) < 0 THEN TS = "-"
2840 IF A(I, J) = 0 THEN 2870
2850 PRINT TAB(1 + (J - B1 - 1) * 10); TS; ABS(A(I, J));
2851 PRINT #1, TAB(1 + (J - B1 - 1) * 10); TS; ABS(A(I, J));
2860 PRINT TAB(7 + (J - B1 - 1) * 10); "X"; J - B1;
2861 PRINT #1, TAB(7 + (J - B1 - 1) * 10); "X"; J - B1;
2870 NEXT J
2880 RETURN
2890 K = K + 1
2900 PRINT A(I, 0)
2901 PRINT #1, A(I, 0)
2910 I = I + 1
2920 RETURN
```

```
*****
Eureka: The Solver, Version 1.0
Monday March 18, 1996, 7:27 am.
Name of input file: C:\OPTIMASI\LEVEL1
*****
```

```
$max(z)
z=68.27*(-(c2+c3)*(c1+c2)^2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)^2-c1^2*
(c1+c2)+(c1+c2+c3+c4)^2*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86))+
2441318.6*(c1+c2+c3+c4)

(-c2-c3)*(c1+c2)^2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)^2-c1^2*(c1+c2)+
(c1+c2+c3+c4)^2*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+35758.92*
(c1+c2+c3+c4)>=8.845e07

(-c2-c3)*(c1+c2)^2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)^2-c1^2*(c1+c2)+
(c1+c2+c3+c4)^2*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+35758.92*
(c1+c2+c3+c4)<=1.116e08

c1+c2+c3+c4<=586.6
c1+c2+c3+c4>=534.5
c1>=0
c2>=0
c3>=0
c4>=0
*****
```

Solution:

Variables	Values
c1	= 133.69341
c2	= 133.59234
c3	= 133.61817
c4	= 133.61872
z	= 7.6189625e+09

Confidence level = 96.1%
All constraints satisfied.

```
*****
Eureka: The Solver, Version 1.0
Monday March 18, 1996, 7:29 am.
Name of input file: C:\OPTIMASI\LEVEL2
*****
```

```
$min(z)
z=(150/12)*(d1^3+d2^3+d3^3)+3*(d1*(d2+d3)^2+d2*
(d3-d1)^2+(d1+d2)^2*d3)

(150/12)*(d1^3+d2^3+d3^3)+3*(d1*(d2+d3)^2+d2*
(d3-d1)^2+(d1+d2)^2*d3)<=4.5e5
d1+d2+d3=40.6

d1>=0
d2>=0
d3>=0
```

```
*****
Solution:
```

Variables		Values
d1	-	13.533332
d2	-	13.533334
d3	-	13.533334
z	-	152436.67

Confidence level = 96.0%
All constraints satisfied.

```
*****
```

```

c$noext
c *****
c          PROGRAM LINIERISASI DENGAN EKSPANSI TAYLOR
c          OLEH
c          BACHTIAR
c          4904300211
c *****
c  write(*,'(a,\)') 'harga c1 ='
c  read(*,*)c1
c  write(*,'(a,\)') 'harga c2 ='
c  read(*,*)c2
c  write(*,'(a,\)') 'harga c3 ='
c  read(*,*)c3
c  write(*,'(a,\)') 'harga c4 ='
c  read(*,*)c4
c  F1=68.27*(-(c2+c3)*(c1+c2)**2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)**2
c  ?-c1**2*(c1+c2)+(c1+c2+c3+c4)**2*(2*c1+2*c2+2*c3+
c  7c4-377.86))+2441318.6*(c1+c2+c3+c4)
c  write(*,'(a,e20.10)') 'F1 =',F1
c  aken11=-((c2+c3)*(c1+c2)**2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)**2-c1**2*(c1+c2)+
c  7(c1+c2+c3+c4)**2*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86))+35758.92*(c1+c2+
c  7c3+c4)-8.845e07
c  write(*,'(a,e20.10)') 'G1 =',aken11
c  aken12=-((c2+c3)*(c1+c2)**2-(c3+c4)*(c1+c2+c3)**2-c1**2*(c1+c2)+
c  7(c1+c2+c3+c4)**2*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86))+35758.92*(c1+c2+
c  7c3+c4)-1.116e08
c  write(*,'(a,e20.10)') 'G2 =',aken12

c  af1=68.27*(-2*(c2+c3)*(c1+c2)-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)-3*c1**2-2*c1*c2
c  7+2*(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*(c1+c2+c3+c4)**2)+2441318.6
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradf11=',af1
c  af2=68.27*(-(c1+c2)**2-2*(c2+c3)*(c1+c2)-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)-c1**2+
c  72*(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*(c1+c2+c3+c4)**2)+2441318.6
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradf12=',af2
c  af3=68.27*(-(c1+c2)**2-(c1+c2+c3)**2-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)+2*
c  7(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*(c1+c2+c3+c4)**2)+2441318.6
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradf13=',af3
c  af4=68.27*(-(c1+c2+c3)**2+2*(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+
c  7(c1+c2+c3+c4)**2)+2441318.6
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradf14=',af4
c  ag11=(-2)*(c1+c2)*(c2+c3)-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)-3*c1**2-
c  72*c1*c2+2*(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*
c  7(c1+c2+c3+c4)**2+35758.92
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradg11=',ag11
c  ag12=-((c1+c2)**2-2*(c2+c3)*(c1+c2)-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)-c1**2+
c  72*(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*(c1+c2+c3+c4)**2+
c  735758.92
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradg12=',ag12
c  ag13=-((c1+c2)**2-(c1+c2+c3)**2-2*(c3+c4)*(c1+c2+c3)+2*
c  7(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)+2*(c1+c2+c3+c4)**2+
c  735758.86
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradg13=',ag13
c  ag14=-((c1+c2+c3)**2+(c1+c2+c3+c4)*(2*c1+2*c2+2*c3+c4-377.86)
c  7+(c1+c2+c3+c4)**2+35758.92
c  write(*,'(a,e20.10)') 'gradg14=',ag14
c  sum=F1-c1*af1-c2*af2-c3*af3-c4*af4
c  write(*,'(a,e20.10)') 'sumF=',sum
c  sumg1=aken11-c1*ag11-c2*ag12-c3*ag13-c4*ag14
c  write(*,'(a,e15.9)') 'sumG1=',sumg1
c  sumg2=aken12-c1*ag11-c2*ag12-c3*ag13-c4*ag14
c  write(*,'(a,e15.9)') 'sumG2=',sumg2
c  tot= c1+c2+c3+c4
c  write(*,'(a,f6.2)') 'panjang total=',tot
c  stop
c  end

```


Kepada Yth :
Ketua Jurusan Teknik Kelautan
FTK-ITS
di
Surabaya.

FORMULIR PENGAJUAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini , saya Mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS :

N a m a : BACHTIAR
NRP. : 4904300211
Judul TA. : OPTIMASI DIMENSI TANGKI MUAT CAIR
AKIBAT RESPON DINAMIS PADA
STORAGE BARGE
Alamat : JL. A. DACHILAN 45
BOJONEGORO

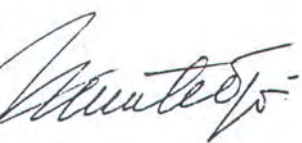
Mengajukan untuk mengikuti ujian Tugas Akhir Periode Wisuda Bulan APRIL 1996, dan bersedia memenuhi segala persyaratan yang ada.
Demikian pengajuan ini kami sampaikan , atas segala bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Diketahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing

Surabaya, 12-3-1996

Mahasiswa ;



130 687 431










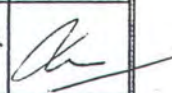
BACHTIAR
NRP. 4904300211

dibuat rangkap 3 (tiga)

Setelah ditandatangani dosen pembimbing dan mahasiswa yang bersangkutan harap diserahkan ke Sekretariat Jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS

DAFTAR KEMAJUAN TUGAS AKHIR

Nama : BACHTIAR
 Nrp. : 4904300211
 Judul TA. : OPTIMASI DIMENSI TANGKI MUAT CAIR
 AKIBAT RESPON DINAMIS PADA STORAGE BARGE

is e :	Tanggal	Keterangan	Paraf Dosen
	8/3-95	Pengambilan Tugas	
	6/4-95	Men cari data Struktur	
	4/8-95	Men cari Referensi "Battacharya"	
	10/8-95	Metode Optimasi	
	29/2-96	Bab I s/d Bab IV	
	12/3-96	Outline permasalahan	
	13/3-96	Tampilkan Dimensi sebelum dan sesudah dioptimumkan	
	14/3-96	masukkan volume sebagai Constraint	

atan : Asistensi tambahan dapat dituliskan di halaman belakang

ekomendasi	Paraf	Tanggal
ibatalkan		
erpanjangan		
eleasai/Siap diuji		

Surabaya, 18 maret 1996
 Dosen Pembimbing,

